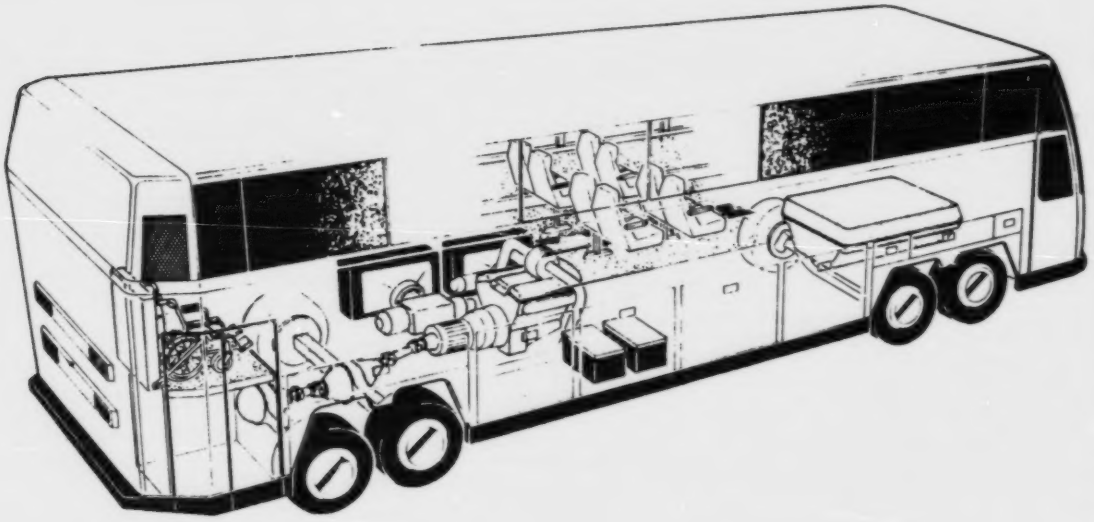
TP8233E

Feasibility of an Accessible Longer Intercity Bus



Prepared for
Transportation
Development Centre

Beauchemin-Beaton-Lapointe Inc.
CONSULTANTS
1134 St. Catherine Street West, Montreal, Canada H3B 1H4

in association with

T E S Limited
2548 Sheffield Road
Ottawa, Canada K1G 3V1

CA1
DTC 801
86
F21
c.2

June 1986

854-005

TP 8233E

Feasibility of an Accessible Longer Intercity Bus

Library and Information Centre / Centre de Documentation (GSLA)
RECEIVED - REÇU LE
OCT 5 1987
Transport Canada / Transports Canada

by

Pierre Asselin, P. Eng.
Beauchemin-Beaton-Lapointe Inc.

and

Ed Sloot, P. Eng.
TES Limited

June 1986

DISCLAIMER

The contents of this report reflect the views of the authors and not necessarily the official views or opinions of the Transportation Development Centre of Transport Canada

NOTICE: Ce document est également disponible en français sous le titre: "Faisabilité d'un autobus interurbain allongé accessible" TP 8233 F

PROJECT TEAM

This project was realized by the staff of Beauchemin-Beaton-Lapointe Inc., prime contractor and of TES Ltd. sub-contractor.

BBL Staff:

Pierre Asselin, P.Eng.
Jean Bertrand, B.Tech.
Wasi Hanafi, P.Eng.
Guy Martin, P.Eng.
Guy Pellerin, P.Eng.

TES Staff:

James C. Patry, P.Eng.
Ed A. Sloot, P.Eng.
Ralph Vanderwell, P.Eng.
G.B. Miller, B.Eng.
A. Plemmer, B.Arch.

ACKNOWLEDGEMENTS

The authors wish to acknowledge the assistance of Mr. Brian Marshall of the Transportation Development Centre and of many persons working in this industry. Amongst them, may we mention the following:

Mr. Jules Perrault, Eng., Vice-President of Engineering, Prevost Car Inc., St.Clair, Quebec

Mr. George Schwarz, Director of Engineering, Motor Coach Industries, Winnipeg, Manitoba.

Mr. Henri J. Chardola, Vice-President, Special Projects, Entreprises Voyageur Ltée, Montreal, Quebec.

Mr. Joe Dabrowski, Vice-President of Engineering, Transportation Manufacturing Corporation, Roswell, New Mexico.

Mr. R.D. Tunks, Regional Manager, Greyhound Lines of Canada Ltd. Toronto, Canada.

Mr. G.W. Miller, Customer Service Manager, Gray Coach Lines Ltd., Toronto, Ontario.

Mr. Don Humphrey, Rockwell International Corporation, Troy, Michigan.

Mr. George J. Bergoma, Detroit Diesel Allison, London, Ontario.

Transport Canada / Transports Canada

Development / Développement

REPORT DOCUMENTATION FORM

1. Transport Canada Report No.	2. TDC Project No.	3. Recipient's Catalogue No.
TP 8233E	6629	

4. Title and Subtitle	5. Report Date
Feasibility of an Accessible Longer Intercity Bus	June 1986
	6. Performing Organization Report No. 854-005
7. Author(s)	8. Transport Canada File No.
Pierre Asselin, Ed Sloot	D1465-472
9. Performing Organization Name and Address Beauchemin-Beaton-Lapointe Inc. 1134 St. Catherine Street West Montreal, Quebec H3B 1H4	10. DSS File No. 14SD.T8200-4-4549/1
	11. DSS or Transport Canada Contract No. OSD84-00270
12. Sponsoring Agency Name and Address Transportation Development Centre (TDC) 200 Dorchester Blvd. West Suite 601, West Tower Montreal, Quebec H2Z 1X4	13. Type of Report and Period Covered
	14. Sponsoring Agency Code
15. Supplementary Notes Also available in French under the title: "Faisabilité d'un autobus interurbain allongé accessible", TP 8233F.	16. TDC Project Officer Brian Marshall

17. Abstract

This study evaluates the feasibility of developing a longer intercity bus, based on current Canadian designs, with improved accessibility for disabled travellers. The aim is to provide accommodation for two passengers in wheelchairs, while maintaining the seating and baggage capacity of a standard bus. Technical feasibility, regulatory constraints, operational considerations and economics are investigated. The technical evaluation covers overall dimensions, weight increase and distribution, structural feasibility and the incorporation of a suitable access device. Proposed configurations are then checked for compliance with provincial regulations; impacts on a carrier's operation and on road construction and maintenance costs are assessed; and costs are estimated for development and construction of a prototype and for production.

Two 13.7-m (45 ft) concepts, one based on the conventional three-axle configuration and one using four axles, are feasible both technically and operationally. Modifications to the provincial regulations limiting vehicle length to 12.2 m (40 ft) would be necessary, but this does not appear to be a serious obstacle. The three-axle configuration would also require relaxation of the Saskatchewan front-axle loading regulation. Manufacturing costs are expected to be 10% to 20% greater than for a conventional bus, in addition to the extra cost of the access system.

18. Key Words	19. Distribution Statement
Longer, stretched, intercity bus, coach, accessible transportation, wheelchair lift, disabled, handicapped, regulation.	Limited number of copies available from the Transportation Development Centre on request.

20. Security Classification (of this report)	21. Security Classification (of this page)	22. No. of Pages	23. Price
Unclassified	Unclassified	55	

Canada

Transports Canada / Transport Canada

Développement / Development

FORMULE DOCUMENTAIRE DU RAPPORT

1. N° du rapport Transports Canada	2. N° de l'étude — CDT	3. N° de catalogue du destinataire
TP 8233E	6629	

4. Titre et sous-titre	5. Date du rapport
Feasibility of an Accessible Longer Intercity Bus	Juin 1986
	6. N° du rapport de l'organisme exécutant: 854-005

7. Auteur(s)	8. N° de dossier Transports Canada
Pierre Asselin, Ed Sloot	D1465-472

9. Nom et adresse de l'organisme exécutant	10. N° de dossier — ASC
Beauchemin-Beaton-Lapointe Inc. 1134 ouest, rue Ste-Catherine Montréal (Québec) H3B 1H4	14SD.T8200-4-4549/1
	11. N° de contrat — ASC ou Transports Canada: OSD84-00270

12. Nom et adresse de l'organisme parrain	13. Genre de rapport et période visée
Centre de développement des transports (CDT) 200 ouest, boul. Dorchester Suite 601, tour ouest Montréal (Québec) H2Z 1X4	14. Code de l'organisme parrain

15. Remarques additionnelles	16. Agent de projet — CDT
Ce document est également disponible en français: "Faisabilité d'un autobus interurbain allongé accessible", TP 8233F.	Brian Marshall

17. Résumé

Ce rapport rend compte de l'étude de faisabilité concernant la réalisation d'un autocar allongé, fondé sur les matériels canadiens existants, qui serait adapté au transport des personnes handicapées. Le but recherché est de pouvoir transporter deux passagers en fauteuil roulant sans réduire la capacité d'emport normale de l'autocar. Le rapport traite des aspects technico-économiques, réglementaires et opérationnels, notamment les dimensions globales, l'augmentation et la répartition de la masse, le renforcement de la structure et l'intégration d'un dispositif d'embarquement. Les diverses options dégagées sont ensuite analysées à la lumière des contraintes réglementaires applicables, puis leur impact sur les entreprises de transport ainsi que sur la construction et l'entretien des routes est déterminé; des devis estimatifs sont également proposés en ce qui concerne le développement et la réalisation d'un modèle pré-série et série.

Le rapport montre la faisabilité technique de deux matériels de 13,7 m (45 pieds) de long, l'un à trois, l'autre à quatre essieux. Il souligne cependant la nécessité de modifier la réglementation limitant la longueur hors tout à 12,2 m (40 pieds), ce qui ne devrait pas poser de problème rédhibitoire. De plus, la réglementation de la Saskatchewan concernant la charge maximum sur l'essieu directionnel devra être atténuée pour ce qui est du véhicule allongé à trois essieux. Enfin, le rapport calcule que le prix de revient de ce véhicule pourrait être de 10 à 20% supérieur au modèle classique, sans compter bien sûr le coût du dispositif d'embarquement.

18. Mots-clés	19. Diffusion
Autobus interurbain, autocar allongé, transport adapté, invalides, handicapés, dispositif d'embarquement, réglementation.	Le Centre de développement des transports dispose d'un nombre limité d'exemplaires.

20. Classification de sécurité (de ce rapport)	21. Classification de sécurité (de cette page)	22. Nombre de pages	23. Prix
non classifié	non classifiée	55	

Canada

SUMMARY

The Transportation Development Centre (TDC) is responsible for a broad and substantial research program related to the transportation of the elderly and the handicapped. One of the current priority objectives of this program is the improved accessibility of intercity bus transportation, a mode that remains one of the least adapted to the needs of the mobility-impaired.

A longer stretched accessible bus based on a current design appears to be an appropriate solution to reach this objective without imposing a heavy penalty in lost seating and baggage capacity.

Five concepts were initially developed in Working Paper No. 1: two concepts based on single front-axle vehicles, such as those manufactured by MCI, and three concepts based on vehicles with two front-axles, such as the front end of the articulated bus designed by Prévost Car Inc. Two concepts, identified as the least problematic, were the object of further detailed technical evaluations in Working Paper No. 2. The study also covered regulatory constraints, operational impacts and projected costs. Conceptual drawings of Concepts A and B are shown immediately following the Summary. Table 1 presents the main data allowing a comparison of Concept A and B buses with a conventional three-axle bus.

The preferred access device is an elevator lift that can be integrated in the bus either in the middle section, as shown for Concept A, or in the rear as on Concept B. In the middle section position, only structural reinforcement is required. In the rear section, reinforcement is required not only to the structure but also to the doors.

Conventional motors may be used but an additional 25 HP could however be required. This can be provided by the 8V92TA Detroit Diesel Allison motor already in service on many buses. The axle loading specifications are not a restrictive factor in the design of either concept. Recent developments in the front axle steering angle have increased the maximum turning angle from 38° to 51°. This improvement allows for 13.7 m (45 ft) and 14.7 m (48 ft) turning radii for Concept A and B buses, respectively. Although these turning radii are not ideal when compared with the 13.3 m (43.6 ft) radius of conventional intercity buses, they are still acceptable and allow the required manoeuvres at bus terminals, in garages and on the road.

TABLE 1 - COMPARATIVE GRID

	Three-axle Conventional bus	Concept A	Concept B
Capacity - Passengers	43	51	54
Cargo (m^3)	9.0	11.4	12.7
Gross Vehicle Weight (kg)	17 180	19 110	20 980
Ground Axle Load			
. Front axle no 1		5 700	4 630
. Front axle no 2		-	4 610
. Rear axle no 1		8 860	5 880
. Rear axle no 2		4 550	5 860
Length (m)	12.2	13.7	13.7
Turning Radius (m)	13.3	13.7	14.7
Approach Angle	10°	10°	8.7°
Departure Angle	8.5°	8.5°	8.5°
Regulatory constraints	None	Length Front-axle (1)	Length

(1) Saskatchewan front-axle load limit = 5 500 kg

As for the heating systems of existing buses, problems are mainly caused by the inefficiency of ductwork and airflow systems. If improvements to these systems cannot be made, more powerful heating systems may be required.

Coaches equipped with European-style seats would allow the installation of an extra row of seats while still providing extra legroom.
Concept A seats 51 or 45 passengers including two wheelchair users.
Concept B seats 54 or 48 passengers including two wheelchair users.

Regulations in all provinces and territories were reviewed. Vehicle length constitutes the major constraint for both concepts. Furthermore, Concept A does not comply with Saskatchewan's regulation which limits the steering axle load to 5500 kg. It is, however, well under the second most restrictive load in the country. Regarding vehicle length, it seems feasible to modify regulations in order to allow a 14 m bus.

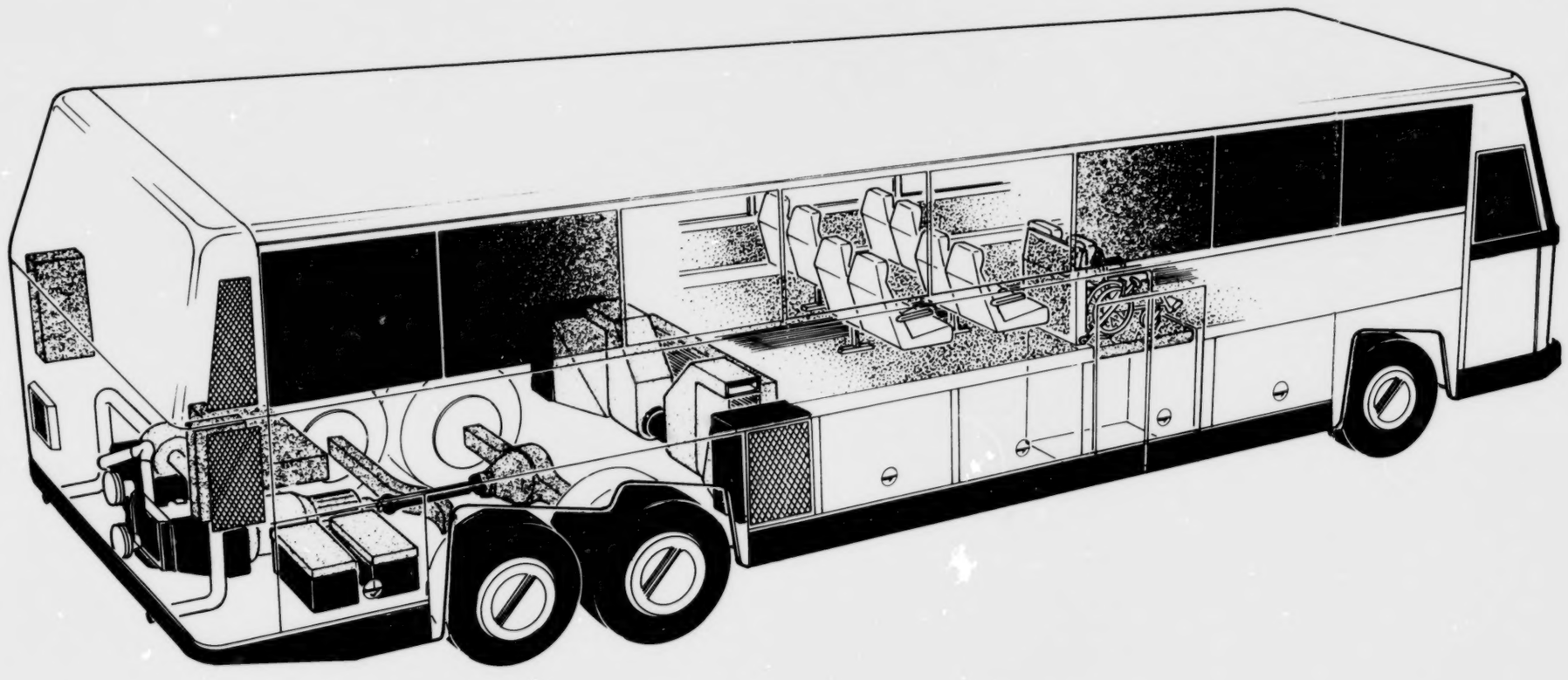
Some additional research should be completed regarding this aspect in the U.S., but it should be noted that the U.S. federal government has already recommended to the states a change in regulations to allow a 45 ft bus.

Impacts on pavement and road construction and maintenance costs are expected to be minor. The axle load increase of Concept A bus may cause an increase in the order of 0.018 percent if all conventional buses are replaced. Under the same conditions, the Concept B bus would reduce expenditures by 0.193 percent due to the better load distribution on its four axles.

Vehicle maintenance facilities will require modifications to existing lifting systems. Only a few can accommodate the loads on rear axles. Concept B poses additional problems due to front-end loads and requires support on all four axles. The height of the Concept B bus may also pose a problem in a number of garages. Vehicle length, on the other hand, does not seem to pose any problem although garage and terminal parking capacities will be reduced proportionally to the added length.

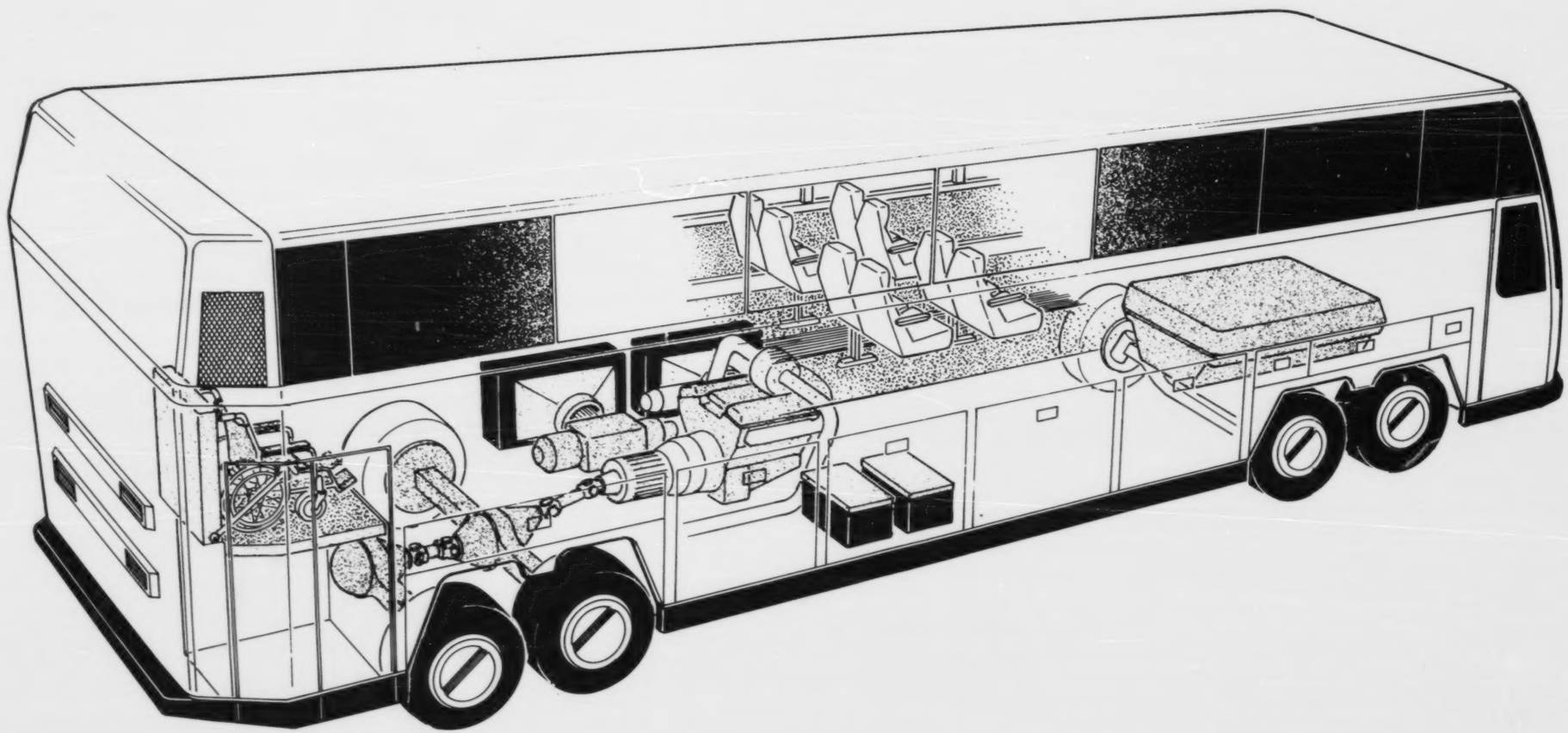
Design and development costs are estimated at between $ 250,000 and $ 500,000 for Concept A and approximately $ 350,000 for Concept B. It is estimated that a prototype of the three-axle configuration would cost between $ 500,000 and $ 700,000, while the prototype of the four-axle configuration would cost $ 1,200,000.

Operating costs are expected to be approximately 4% higher than for existing buses, while manufacturing costs may exceed current costs by 10% to 20%, not including the cost of the elevator lift, estimated at $ 40,000.



CONCEPT A

THREE AXLE
CONFIGURATION



CONCEPT B

FOUR AXLE
CONFIGURATION

TABLE OF CONTENTS

1. INTRODUCTION 1

2. METHODOLOGY 2

3. TECHNICAL FEASIBILITY 3
   3.1 The Concepts and their Technical Specifications. . . 3
   3.2 Technical Evaluation 10
      3.2.1 Access Devices 10
      3.2.2 Structure 13
      3.2.3 Engine and Transmission 13
      3.2.4 Axles 14
      3.2.5 Tires and Wheels 18
      3.2.6 Air Conditioning 18
      3.2.7 Windows 19
      3.2.8 Seats 19

4. REGULATIONS 22
   4.1 Review of Existing Regulations 22
   4.2 Non-Conformities of the Longer Bus Concept 25
   4.3 Possibility of Changes in Regulations 28

5. OPERATIONAL IMPACTS 28
   5.1 Impact on Road Construction and Maintenance 28
   5.2 Impact on Bus Terminal Operations 30
   5.3 Impact on Vehicle Maintenance 31
   5.4 Impact on Vehicle Operation 32

6. COSTS 33
   6.1 Design and Development Costs 33
   6.2 Manufacturing Costs 34
   6.3 Operating Costs 35

7. CONCEPT EVALUATION 37

8. CONCLUSION 40

LIST OF TABLES

Table 3.1	Summary of Existing Motorcoach Specifications	4
Table 3.2	Concept Specifications	6
Table 3.3	Concept A Components Listing and their Respective C of G Positions (Referenced from the Front of the Coach)	8
Table 3.4	Concept B Components Listing and their Respective C of G Positions (Referenced from the Front of the Coach)	8
Table 4.1	Weight and Dimension Regulations for the Three-Axle Longer Bus - Concept A	26
Table 4.2	Weight and Dimension Regulations for the Four-Axle Longer Bus - Concept B	27
Table 5.1	Capacities and Loads of Hydraulic Jacks . .	31
Table 5.2	Turning Radii	32
Table 6.1	Operating Cost Summary	37
Table 7.1	Comparative Grid	38

LIST OF FIGURES

Figure 3.1	Existing Intercity Coaches	5
Figure 3.2	Body and Accessories Weight Distribution Profile	7
Figure 3.3	Elevator Style Lift	12
Figure 3.4	Structural Modifications to Concept A For Access Lift	15
Figure 3.5	Structural Assembly for Concept B Based on Prevost H5-60	16
Figure 3.6	Comparison of Various Engine Performance Curves	17
Figure 3.7	Seating Arrangement for Concept A (51 Seats)	20
Figure 3.8	Seating Arrangement for Concept B (54 Seats)	21

1. INTRODUCTION

The Transportation Development Centre (TDC) is responsible for a broad and substantial research program related to the transportation of the elderly and the handicapped. One of the current priority objectives of this program is the improved accessibility of intercity bus transportation, a mode that remains one of the least adapted to the needs of the mobility-impaired.

One recent result of TDC's efforts has been the design and construction of an MC-9 intercity coach equipped with a prototype internal elevator-style wheelchair lift. The vehicle is being tested by Terra Transport in Newfoundland and has completed the first year of a three-year operational demonstration program as part of the Roadcruiser fleet. This internal elevator modification has indeed been very successful in providing accessibility, but it imposes a heavy penalty in lost seating and baggage capacity.

A longer bus based on a current design appears to be an appropriate solution to recover this lost capacity. This study addresses the feasibility of this approach in providing accessibility while maintaining the capacity of a standard coach.

The information resulting from this study is intended to provide the necessary data for potential industry and government participants to decide whether to embark upon a large-scale prototype development program. The study covers not only technical feasibility, but also operational considerations and regulatory issues.

Two basic configurations are investigated:

(a) A 4-axle mid-engine vehicle derived from the front driving section of the new Prévost H5-60 articulated coach.

(b) A 3-axle vehicle based on the current 40-foot designs in production at Prévost and MCI.

The technical feasibility covers the coach's overall dimensions to provide the required capacity, weight increase and distribution, structural feasibility of the resulting configurations and incorporation of a suitable access device.

The study on regulatory constraints verifies the regulatory compliance of the proposed configuration with the various provincial weight and dimension regulations and evaluates the possibility of modifying existing regulations where necessary.

The operational impact of a longer accessible bus and the cost of producing its prototype are also presented.

2. METHODOLOGY

The longer bus concepts developed in this study are all based on vehicles currently manufactured in Canada. No original design was produced for this study. Various transportation companies were contacted in order to define their needs and requirements in a longer intercity bus and several access systems (i.e. lifts and other such equipment for the disabled) presently available were assessed.

Five concepts were initially developed: two concepts based on vehicles with a single front axle, such as those manufactured by MCI, and three concepts based on vehicles with two front axles, such as on the front end of the articulated bus designed by Prévost Car Inc.

After evaluating the technical feasibility and regulatory constraints (non-conformity) of each of the five concepts, two concepts (one three-axle concept and one four-axle concept) were identified as the least "problematic". A more detailed study of the technical features and regulatory constraints of the two concepts was carried out along with operational impact and cost assessments. Concepts A and B, identified in the final report, correspond to concepts II and IV described in Working Papers 1 and 2.

Various parties which may be interested by the implementation of a longer bus were contacted for their point of view: vehicle and vehicle component manufacturers, for the technical feasibility issue; transportation companies, such as Voyageur, regarding operational requirement and constraint issues; and provincial authorities regarding load and size standards and the possibility of amending certain regulations. On the American side, regulations were reviewed for the fourteen states bordering Canada.

In addition to this final report, two Working Papers were produced during this study. In Working Paper no. 1, technical and regulatory possibilities are assessed and the two most feasible concepts are identified. Working Paper no. 2 finalizes the two concepts and assesses related costs and operational impacts such as the effect of axle load variations on road construction and maintenance costs. The operational impact studies are rather qualitative than quantitative. In other words, their objective was to determine whether or not the development of a longer vehicle would be compromised at the outset by any major problems.

This report summarizes the technical, regulatory, operational and cost aspects for both concepts, outlining the main anticipated constraints associated with the concepts, and providing a general feasibility assessment of a longer bus.

3. TECHNICAL FEASIBILITY

3.1 The Concepts and their Technical Specifications

In approaching the conceptual design phase of a longer intercity motorcoach, a great deal of consideration was given to the simplicity of the conversion and the standardization of components. By simplifying the design, by minimizing the production engineering input required by the motorcoach manufacturers and by using existing bus components where possible, the initial capital expenditures and production costs associated with the manufacturing of a longer bus can be minimized. With this approach in mind, five concepts were developed and two were retained for further analysis. These concepts were derived from the 259 cm (102 in) wide coaches currently manufactured by the Canadian bus industry. The generic configurations of existing intercity coaches are shown in Figure 3.1. A list of their respective characteristics is given in Table 3.1 for comparison with those of the two design concepts for the longer accessible bus. The configurations of the five concepts included in the preliminary evaluation are given in Working Paper no. 1.

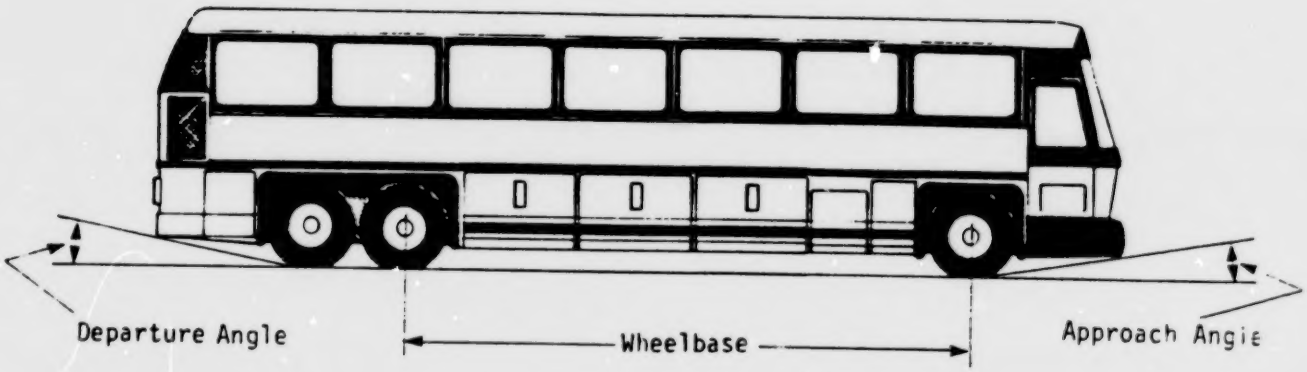
TABLE 3.1 - SUMMARY OF EXISTING MOTORCOACH SPECIFICATIONS

BUS MODEL		MCI 102A3	PREVOST MIRAGE XL/MARATHON XL	PREVOST H5-60
Overall Length	(m)	12.2	12.2	18.3
Overall Width	(m)	2.6	2.6	2.6
Overall Height	(m)	3.4	3.3	3.7
Overhang (Front)*	(m)	1.9	1.8	1.8
Overhang (Rear)*	(m)	2.0	2.1	1.8
Approach Angle		10°	12.4°	8.7°
Departure Angle		8.5°	10.7°	10°
Wheelbase	(m)	7.2	7.1	7.3
Turning Radius	(m)	13.3	13.1	12.8
Gross Vehicle Weight	(kg)	17 180	17 280	26 000
Underfloor Cargo Capacity	(m3)	9.0	8.9	15.6

* - front overhang mesured from centre of front axle
- rear overhang measured from centre of TAG axle or rear drive axle

The final vehicle specifications for concepts A and B are summarized in Table 3.2. The methodology for determining the axle loads of the two concepts presented in this table is included in Working Paper no. 2. To determine ground loads, it was necessary to identify the total coach weights and the positions of their respective centres of gravity. The overall coach centres of gravity are a summation of the individual component weights which were supplied by Motor Coach Industries (MCI), Prevost Car Inc. and component manufacturers. The component weights used incorporate the various modifications required for the two concepts, and are listed in Tables 3.3 and 3.4. Their relative positions in the coach are also included in these tables.

CONVENTIONAL 12.2 M COACH



EXISTING ARTICULATED COACH (18.3 M)

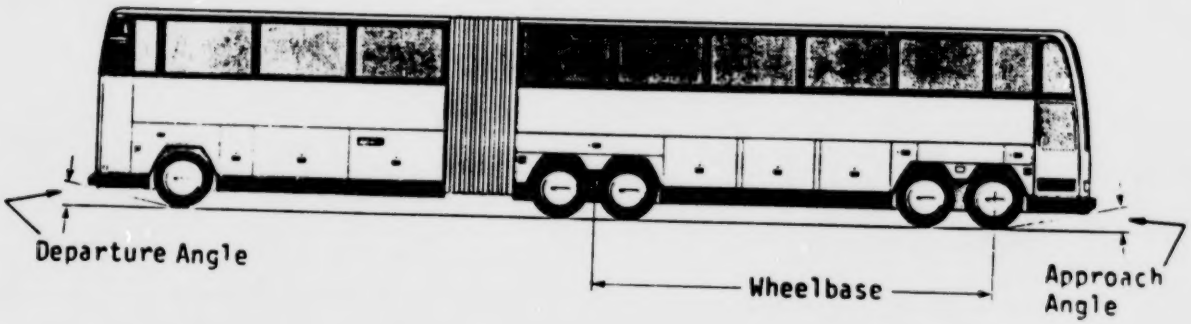


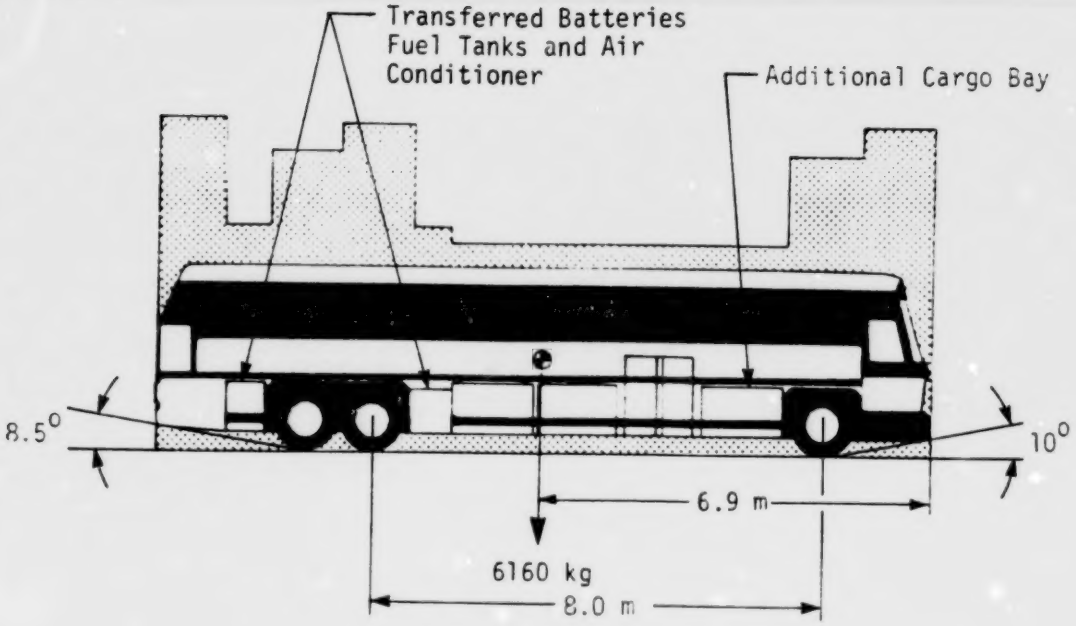
FIGURE 3.1 EXISTING INTERCITY COACHES

A large portion of the total coach weight is attributable to the body and accessories. These body and accessory components include the structure, exterior and interior skins, windows, floors, baggage doors, seats and various miscellaneous parts not included in other component or assembly weights. Structural drawings of the coaches were used to determine the position of the centre of gravity of the body and accessories. The structure was divided into sections of approximately uniform density and an appropriate fraction of the total body and accessory weight was then assigned to the sections which complete the concept configuration. The results of this process (Figure 3.2) show a weight distribution profile which visually summarizes an attempt at longitudinally biasing body weights to accentuate heavily structured areas of the bus. These sectional weights were then combined using a moment equation to obtain the position of the overall body and accessories' centre of gravity.

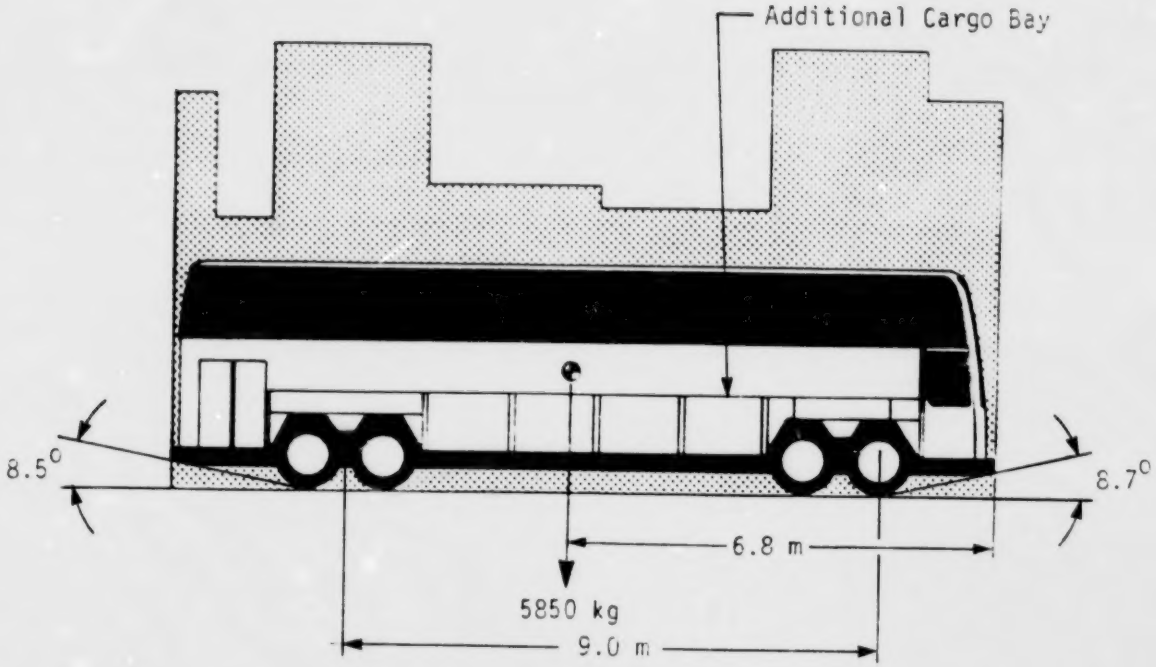
TABLE 3.2 - CONCEPT SPECIFICATIONS

ELEMENTS	CONCEPT A	CONCEPT B
Overall length (m)	13.7	13.7
Overall width (m)	2.6	2.6
Overall height (m)	3.4	3.7
Overhang, * front (m)	1.9	1.8
Overhang, * rear (m)	2.6	2.4
Approach angle (degree)	10.0	8.7
Departure angle (degree)	8.5	8.5
Wheelbase (m)	8.0	9.0
Steering angle (degree)	51.0	50.0
Turning radius (m)	13.7	14.7
Ground load, front axle # 1 (kg)	5 700	4 630
Ground load, front axle # 2 (kg)	-	4 610
Ground load, rear axle # 1 (kg)	8 860	5 880
Ground load, rear axle # 2 (kg)	4 550	5 860
Total weight (kg)	19 110	20 980
Cargo capacity (m3)	11.4	12.7

* - Front overhang measured from centre of front axle
  - Rear overhang measured from centre of rear axle



CONCEPT A



CONCEPT B

FIGURE 3.2 BODY AND ACCESSORIES WEIGHT DISTRIBUTION PROFILE

TABLE 3.3 - CONCEPT A COMPONENTS LISTING AND THEIR RESPECTIVE C OF G POSITIONS (REFERENCED FROM THE FRONT OF THE COACH)

COMPONENT	WEIGHT (kg)	POSITION (m)
Spare Tire	55	0.5
Front Dash, Accessories and Driver	455	0.5
Front Axle	760	1.9
Front Axle Sub-Frame	510	1.9
Access Lift	910	5.6
Body and Accessories (as shown in Fig. 3.2)	6 160	6.9
Heating and Air Conditioning	240	8.7
51 Passengers with Luggage (51 x (68 kg/person + 12 kg luggage/person))	4 080	6.9
Drive Axle	1 400	9.9
Rear Axle Sub-Frame	820	10.5
Tag Axle	620	11.1
Fuel (150 US gal) and Batteries	700	12.3
A/C Compressor	100	13.4
Motor and Transmission	1 910	12.8
Washroom, standard	230	12.8
Engine Cooling	160	13.0
TOTAL	19 110	

TABLE 3.4 - CONCEPT B COMPONENTS LISTING AND THEIR RESPECTIVE C OF G POSITIONS (REFERENCED FROM THE FRONT OF THE COACH)

COMPONENT	WEIGHT (kg)	POSITION (m)
Front Dash, Accessories and Driver	455	0.5
Spare Tire	55	0.5
Front Axle # 1	810	1.8
Front Axle Sub-Frame	680	2.4
Fuel (200 US gal.) and Batteries	910	2.4
Front Axle # 2	810	3.0
Heating, Air Conditioning and Engine Cooling	400	6.3
Body and Accessories (as shown in Fig. 3.2)	5 850	6.8
54 Passengers with Luggage (54 x (68 kg/person + 12 kg luggage/person))	4 320	6.9
A/C Compressor	100	7.3
Motor and Transmission	1 910	8.2
Drive Axle # 1	1 360	10.2
Rear Axle Sub-Frame	820	10.8
Drive Axle # 2	1 360	11.4
Washroom, standard	230	13.0
Access Lift	910	13.2
TOTAL	20 980	

CONCEPT A

- This concept is based on the 12.2 meter model MCI 102A3 motorcoach built by MCI.

- The fuel tank, batteries and air conditioning unit are relocated towards the rear. The proposed relocation of these components effectively decreases the wheelbase and turning radius to 8.0 m and 13.7 m, respectively, and transfers approximately 910 kg from the front axle to the rear axle assembly.

- This concept intrudes on the rear section of the bus thereby increasing the complexity of the design. Although the transfer of the batteries should not pose a problem, relocating the fuel tank and air conditioning unit will involve some reconfiguration as the volume shape allotted for these components will change.

- The wheel loadings show a drive axle loading of 8 860 kg and a front axle loading of 5 700 kg.

- An elevator style wheelchair lift has been included in the third baggage compartment location forward of the drive axle. This installation method has been performed in the past and it is known to be effective and very feasible. Installation of this lift on other intercity motorcoach models has been deemed feasible but may require modifications to suit.

CONCEPT B

- This concept is based on the 11 m forward section of a Prévost, model H5-60, 18.3 m articulated motorcoach.

- An elevator style lift has been accommodated in the rear overhang section of the bus. This location provides the possibility for washroom access and transfers the 910 kg associated with the lift to the rear.

- The 9.0 m wheelbase allows for a 2.4 m overhang and an acceptable, but not overly attractive, turning radius of 14.7 m.

- One standard baggage compartment section has been added to the centre portion of the bus. Baggage compartments are also located in the rear of the bus.

- The rear overhang has been sized to the minimum requirement for the installation of an elevator style lift. The concept of providing wheelchair accessibility to the washroom facilities has also been considered in conjunction with this lift position.

- Underfloor cargo capacity of this concept is 12.7 m^3. This is mainly attributed to the height of the original H5-60 which is approximately 30 cm higher than a conventional intercity motorcoach.

- No major vehicle components have been relocated or modified and existing H5-60 sections have been utilized where possible.

- Wheel loads appear to be satisfactory with only the front steering axles experiencing a load increase over the original H5-60 design. These new loads are still well within the allowable front axle rating of 5 450 kg.

- Other vehicle components, which must be considered when enlarging an existing bus design, are not a problem when decreasing the capacity of the original bus. Engine size, transmission, HVAC systems and braking capacity will all be adequate for the 13.7 m coach and, perhaps, may even be substituted with smaller units for cost reduction reasons.

3.2 Technical Evaluation

3.2.1 Access Devices

Four generic access design concepts were reviewed to ascertain their integration feasibility with the accessible longer bus. Each of these concepts exists as state-of-the-art devices in the market place. The reviewed access design concepts are the following:

- the elevator lift
- the platform lift
- the station-based lift
- the step lift

Details on the advantages and disadvantages of each of these four systems are given in Working Paper no. 1. The preferred system is the elevator lift shown in Figure 3.3. It provides accessibility to wheelchair occupants via a side entrance on the curb side of the bus. This system is contained completely within the bus interior and offers the mobility-disadvantaged traveller safe, comfortable and easy access to intercity transportation, while seated among regular passengers. The design concept shown in Figure 3.3 has been installed on several Motor Coach Industries (MCI) buses and has been well received by all associations for the handicapped.

This lift system is reliable, easy to operate and complies with all applicable provincial and federal regulations.

Advantages:

1) The lift system can accommodate wheelchair occupants of different degrees of mobility.

2) Cargo accessibility is maintained in the area beneath the lifting platform.

3) This configuration does not result in regular seating loss when there is no requirement to transport a wheelchair passenger.

4) It is totally contained within the bus interior.

5) The cosmetic appearance of the bus interior and exterior is maintained.

6) The lift sequence to board or exit the wheelchair occupant from the bus takes less than three minutes.

Disadvantages:

1) Reinforcement of the bus structure is required, resulting in a slight reduction in cargo capacity.

2) A net loss of three passengers results for each wheelchair on board.

3) The installation of the lift requires significant modifications to the bus structure and interior assembly.

4) The lift installation adds approximately 910 kg to the bus GVW.

FIGURE 3.3 ELEVATOR STYLE LIFT

3.2.2 Structure

- Concept A

The access device for concept A is located in the middle section of the bus as shown in Figure 3.4. Structural reinforcements will therefore be required in this area, as well as along the bus due to the modified vehicle's longer wheelbase. Other parts will also require reinforcement due to the relocation of certain components such as batteries, gas tank and air conditioning system. Special attention will also be given to the suspension support framework given the longer vehicle's increased weight.

- Concept B

Figure 3.5 depicts the configuration of the structural assembly with the wheelchair lift access in the rear lift corner. Of prime concern is the structural integrity of the bus with respect to a rear collision due to the volume of the unsupported space required for the lift. For this reason, the doors for the lift must be designed with an integral reinforcement beam to provide strength and to transfer impact loads from the rear corner of the bus structure. The increased wheelbase of Concept B may require some structural reinforcement to provide an appropriate bending stiffness and torsional rigidity through the centre section of the bus.

3.2.3 Engine and Transmission

The present North American market for intercity motorcoach power packs is dominated by Detroit Diesel Allison (DDA). The engine/transmission combinations which are presently used include the Silver 92 series two-stroke diesel engines in conjunction with the HT series of automatic transmissions. The 92 series engine is available in a V6 or V8 configuration with brake horsepower ratings ranging from 270 BHP to 475 BHP. Electronic controls for both engines and transmissions are presently available as options on the 92 and HT series of equipment. Electronic engine controls provide increased fuel economy, reduced engine emissions, superior engine monitoring and optimized performance.

In determining the horsepower requirements of a longer accessible bus, it was felt that the provision of performance characteristics similar to those provided to operators today was a fair guideline to follow. Detroit Diesel Allison of London, Ontario was contacted and requested to provide engine performance data based on information pertinent to concepts A and B. The printed data provided by DDA is included in Appendix "B" of Working Paper No 2 and has been summarized in Figure 3.6.

It appears, from the information received, that an increase of 25 HP over the present 12.2 m coach powerplant capacity is required to suitably handle the additional weight of the longer coaches. In any future bus design, the engine/transmission combinations offered by the bus manufacturers will be governed by the requirements of the operators. Presently, various engine power ratings are available to the operators and operator preference does vary (e.g. 6V92 (300 HP) vs. 8V92 (400 HP)). For the purposes of the road load calculations, the 8V92TA with automatic transmission was used.

We also investigated the possibility of not increasing the horsepower rating for the 13.7 m coach, and instead lowering the overall performance in an effort to control speed and fuel economy. However, it appears that, unlike the trucking industry, motorcoaches require a higher power/weight ratio in order to provide a service which is quick and reliable regardless of wind conditions, passenger loading and terrain variability. For this reason, horsepower capacities of 300 BHP and greater have remained the norm in the industry.

3.2.4 Axles

The main factors considered here are the load, the width at the rear, braking capacity and the angle of directional wheels.

Axles are not a restrictive factor in the design of concepts A and B. In fact, ratings specified by axle manufacturers are always higher than ratings specified for other components (i.e. rims) and ratings allowed by regulations.

Recent regulatory changes allowing a bus width of 2.6 m have allowed manufacturers to develop wider axles than previously. Concepts A and B buses should therefore be equipped with such axles which provide greater stability.

Braking capacity should not be overly affected by the longer buses' weight increase except at the floating axle of concept A which will require particular attention to ensure that the required braking capacity is maintained.

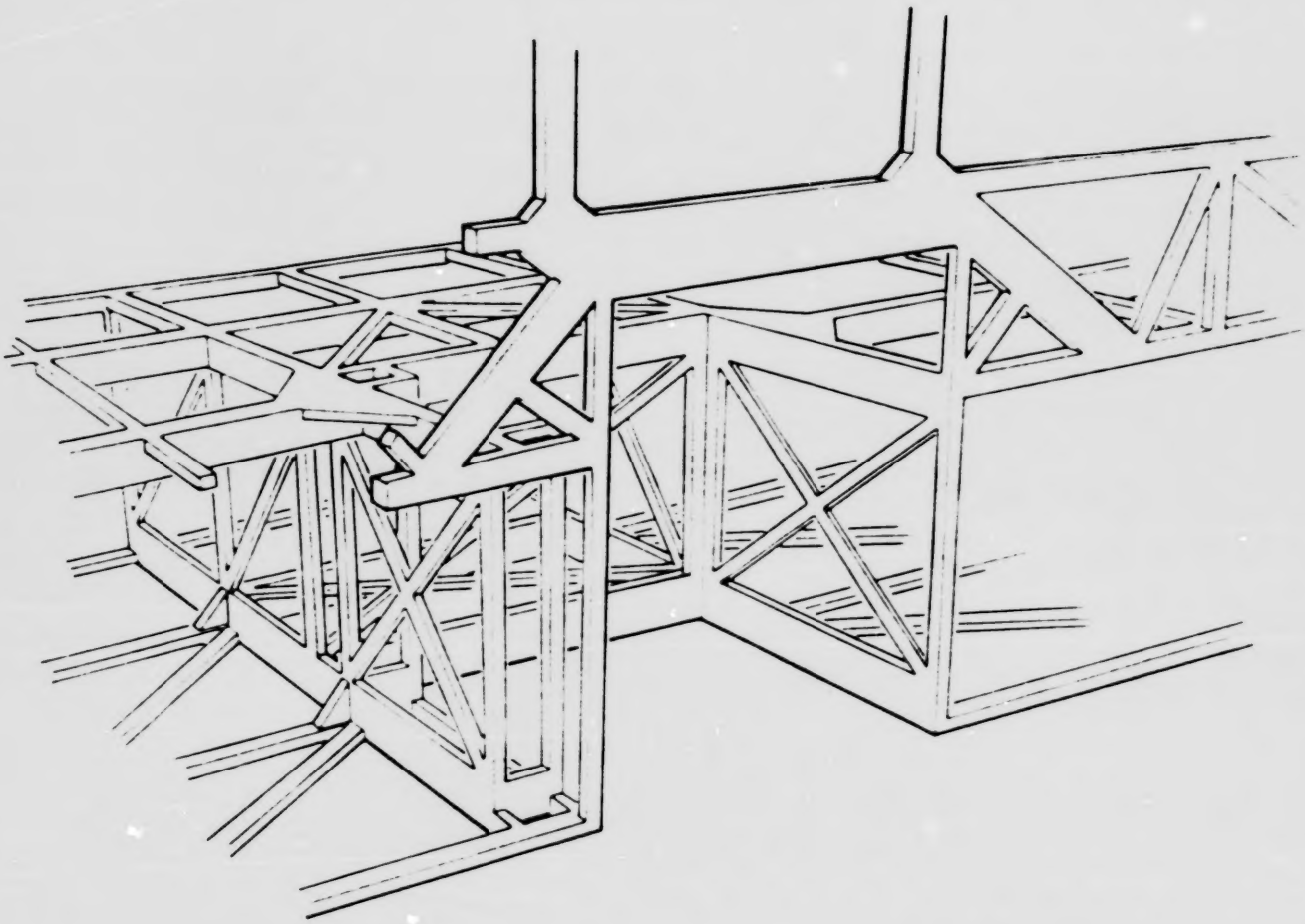


FIGURE 3.4 STRUCTURAL MODIFICATIONS TO CONCEPT A FOR ACCESS LIFT

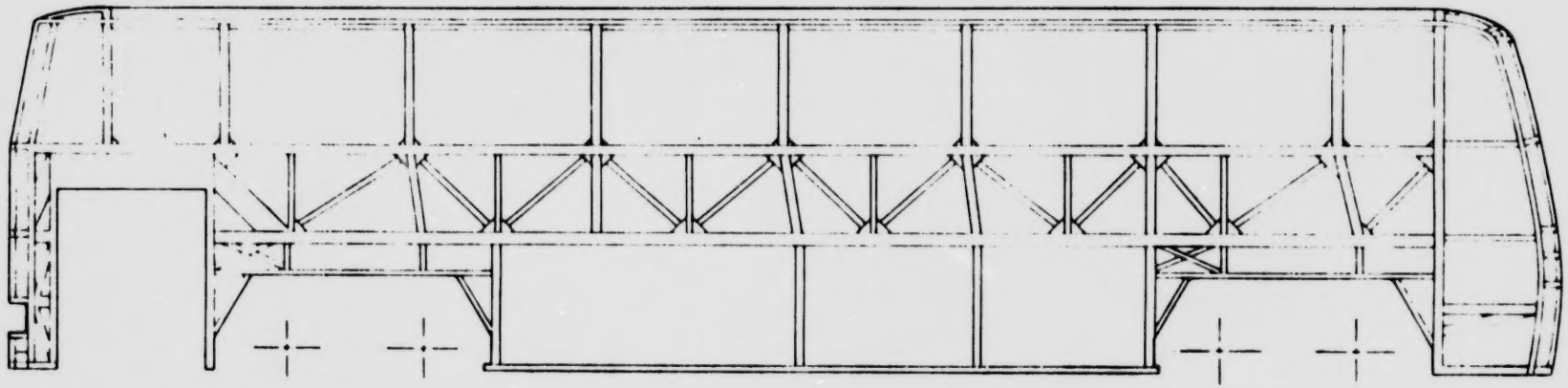
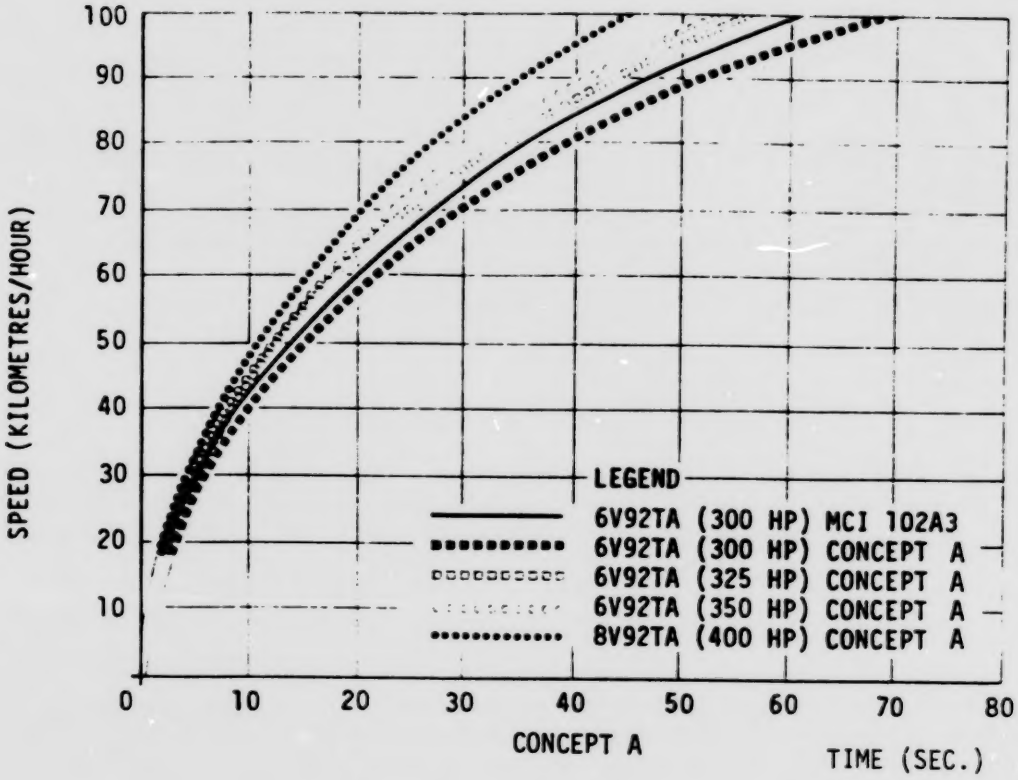


FIGURE 3.5 STRUCTURAL ASSEMBLY FOR CONCEPT B BASED ON PREVOST H5-60



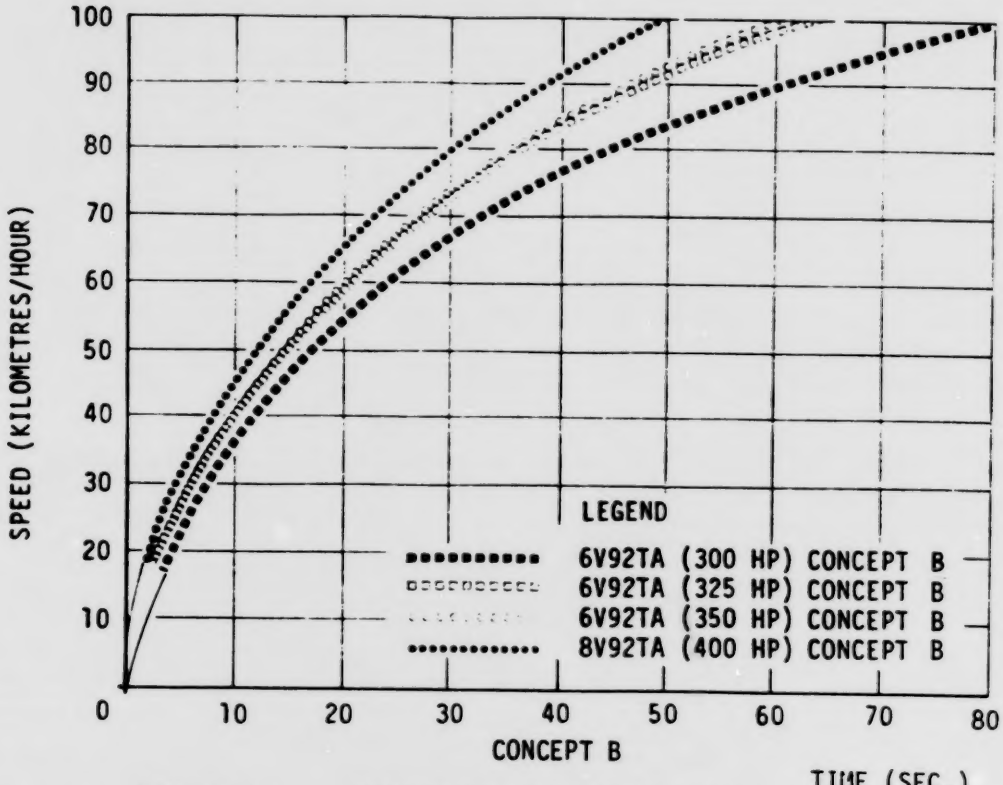


FIGURE 3.6 COMPARISON OF VARIOUS ENGINE PERFORMANCE CURVES

One of the most recent developments concerns the front axle steering angle which was increased to 51°. This has resulted in a significant decrease in the turning radius. Thus, even though the longer bus has a longer wheelbase than the conventional bus, turning radii for both types of buses remain relatively the same. According to manufacturers, the 51° angle seems to constitute the physical maximum.

3.2.5 Tires and Wheels

Tires currently available on the market are designed to support the loads of both concepts A and B. However, minor problems arise when attempting to comply with regulations which stipulate a maximum load of 9.0 kg per mm of tire width. As a result, wider tires than those presently used by conventional buses will have to be utilized (see section 4.2). The maximum width of tires presently available is 323.9 mm (12.75 in).

Although the provincial road load regulations limit the allowable carrying capacity of axles, rim technology limits the physical carrying capacity of axle assemblies. Present rim designs limit single wheel loading to the 3200-3300 kg range. This rating is significant as axle manufacturers feel that increasing the rating of their product would not pose serious problems and tires are already rated several hundred kilograms greater than the wheels. It is anticipated that at least one manufacturer, Goodyear, will be marketing in the near future, a new wheel design with a rated load capacity of 3 500 kg. This, in conjunction with related axle rating increases, will provide the market with the potential for a front axle rating of 7 000 kg, up from the existing 6 360 kg to 6 590 kg range.

3.2.6 Air Conditioning

Air conditioning systems presently available are generally relatively inefficient. Problems are mainly due to heat loss, a complex duct system and poor airflow. Relocating the air conditioning system can however improve its efficiency and airflow. This type of modification was used in the H5-60 bus built by Prevost Car Inc.

For example, the new MCI 102A3 has a system rated at 42.2 kw, while the new Prevost H5-60 uses a more efficient 40.4 kw system to climatize a coach 1-1/2 times the size.

Other considerations in the design of an air conditioning system include the condenser coil which is exposed to salt and gravel which may cause breakdown and loss of efficiency. This problem could however be resolved by relocating the coil. Problems related to the maintenance, installation and replacement of parts can be diminished by using modular components. Also, the air conditioning system's capacity can be increased by using a more efficient coolant.

Finally, problems associated with the heating systems of existing buses are also caused by the inefficiency of ductwork and airflow systems. If improvements to these systems cannot be made to make up for the additional heating requirements of a large coach, more powerful heating systems may have to be used.

3.2.7 Windows

An important factor in the design of an effectively climatized motorcoach is the selection of suitable windows. With the recent trend towards maximum glass area, the selection of glazing type has become more critical. There have been several advancements in the field of glazing technology and presently three types of glazing are available to the bus manufacturer: single glass, double glass and single acrylic. Selection of a suitable glazing material for coaches of the future is dependent on eliminating the current problems associated with the acrylic and double glass options. It is felt that one of the two will emerge as the new standard and will effectively replace single glass glazing. This glazing was used in the body and accessories portion of the road load calculations for the two 13.7 m coach concepts.

3.2.8 Seats

Another important consideration in designing an intercity coach is the type of seats. Legroom, accessibility, the total number of seats and passenger comfort all depend on the type of seats installed. The use of folding and sliding seats can provide the required space for the handicapped while minimizing standard seat loss.

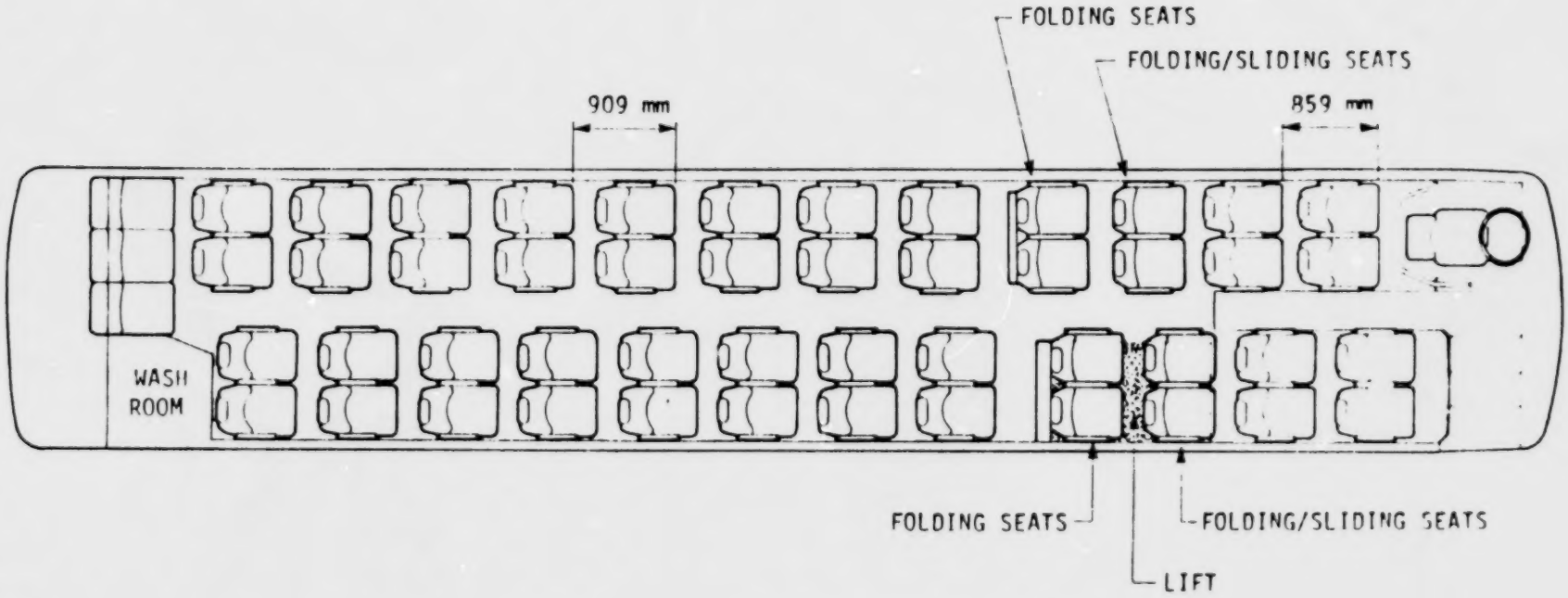


FIGURE 3.7 SEATING ARRANGEMENT FOR CONCEPT A (51 SEATS)

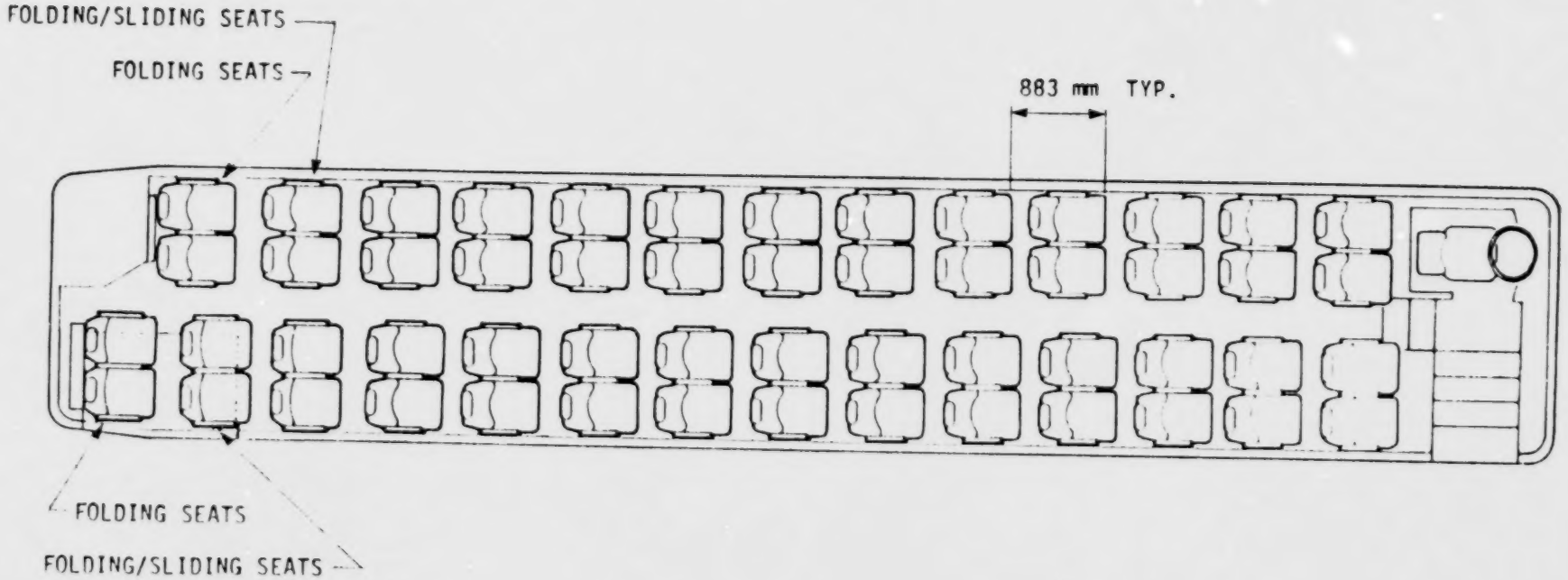


FIGURE 3.8 SEATING ARRANGEMENT FOR CONCEPT **(54 SEATS)**

Future bus designs should seriously consider the use of the European style of seat. These incorporate a seatback curvature which provides an additional 50 cm of legroom for each passenger for the same seat spacing as the North American seats. Through extensive use of fibre composite materials, strength is maintained while seat weight per passenger is limited to just 10 kg, approximately 30% to 50% less than conventional seating.

In concept A, the seat spacing has been incorporated so as to provide four additional seating positions to the standard 47 seats of a 12.2 m bus. This provides additional legroom for each seating row. Excluding the advantages resulting from the use of a European seat design, the proposed 51 seat layout is similar in passenger comfort level to the existing 43 passenger, 12.2 m coach. This effectively results in an increased seating capacity of 8, or 18.6%.

Concept B's arrangement, as illustrated in Figure 3.8, consists of 54 seats with a 883 mm spacing. Although concept B is not an extension of an existing design, a percentage increase in seating capacity can be shown when compared to an existing 12.2 m coach. In this case, comfort is between that of a 47 seat configuration and a 43 seat configuration. This passenger seat layout offers an increase in capacity from 14.9% to 25.6%. Folding and folding/sliding seats have been identified to facilitate the zero seat loss concept.

4. REGULATIONS

4.1 Review of Existing Regulations

Laws and regulations dealing with weights and dimensions are mainly intended for commercial vehicles, which include passenger coaches. These regulations are established by provincial governments. The federal government has no weight or dimension regulations.

Since the construction, operation and maintenance of roads are under provincial jurisdiction, there are twelve sets of regulations throughout Canada (ten provinces, N.W.T. and Yukon).

In the United States, each state regulates motorized vehicle weights and dimensions on state highways. Also, the 1956 Federal Aid Highway Act imposes maximum weights and dimensions on interstate highways. These limits were revised in 1974. However, the grandfather clause allows states which established their highway regulations before 1956 to have higher limits than those stipulated by the federal government.

Canadian provinces and American states often have different regulations, although, the following items are usually regulated by both Canada and the USA:

- tire loads
- axle loads
- gross vehicle weight
- vehicle length
- vehicle width
- vehicle height

The standards which regulate the above items depend on several conditions (vehicle type and configuration, season, type of road, etc.) and are also subject to certain limits of tolerance.

The standards regulating these items can be summarized as follows:

- Tire Loads

The allowed tire load depends on several factors (i.e. number of tires per axle, type and size of tires, type of axle, type of roads, season and tire manufacturer specifications) and is often included in allowable axle load regulations. Certain provinces regulate tire width, tire load and tire load according to width.

However, axle load is generally the main regulated item. In Canada (excluding N.W.T.), allowed tire loads according to width vary from 9.00 to 11.00 kg per mm of width. In the United States, (14 bordering states), these regulations are much less restrictive, varying from 9.82 to 14.29 kg per mm.

- Axle Loads

Canadian regulations in this matter are rather complex, with many considerations varying from one province to another: spacing between axles, type of axles, number of tires per axle, type of vehicle, type of roads, season, axle manufacturer specifications. For instance, regulation loads on the steering axle vary greatly between provinces (5 500 to 9 100 kg). Regulations are however more consistent for rear axles,

varying from 8 128 to 10 000 kg for single axles and 16 000 to 20 000 kg for tandem axles. The definition of a tandem axle also varies from one province to another. In the United States, regulation weights for front steering axles are generally the same. Loads for single rear axles vary between 9 072 and 10 160 kg, and between 15 422 kg and 16 329 kg for tandem axles. Regulation loads for single rear axles are therefore similar in Canada and bordering American states. As far as tandem axles are concerned, differences are more notable.

It must be underlined here that manufacturer-specified loads must be complied with. Axle loads must therefore be lower than loads specified by manufacturers.

- Gross Vehicle Weight

Canadian regulations regarding gross vehicle weight are also complex. Several factors are taken into account: number of axles, spacing between axles, vehicle types, road types, season and other particular considerations. Furthermore, several provinces use tables which specify gross vehicle weight according to vehicle categories, and total vehicle weight must not exceed the sum of regulation loads on all axles.

In Canada, regulation loads for vehicle categories with two, three and four axles are quite different between provinces. They vary from 21 500 kg to 28 500 kg for three-axle vehicles, and from 27 000 kg to 37 500 kg for four-axle vehicles (excluding Northwest Territories). Although little information was available on U.S. regulations, it was established that Canadian and U.S. regulations were about the same for two and three-axle vehicles.

- Vehicle Length

Except for Newfoundland and P.E.I., whose regulations establish maximum vehicle length at 12 m and 12.2 m respectively, regulation length through Canada is 12.5 m. The American maximum is however slightly more restrictive at 12.2 m.

- Vehicle Width

Canadian and U.S. regulations on interstate highways are the same, establishing maximum width at 2.6 m. Some states limit the width at 2.44 (96 in) on the roads.

- Vehicle Height

Vehicle height regulations are consistent in Canada and the U.S., varying from 4.11 m to 4.5 m.

4.2 Non-Conformities of the Longer Bus Concept

Tables 4.1 and 4.2 show projected loads and dimensions for longer bus concepts A (three-axle) and B (four-axle) respectively, compared with regulation loads in Canada and the U.S. for each regulated item applicable to intercity coaches. The following is the list of non-regulation items and accompanying comments:

- Concept A (three-axle longer bus)

  . Steering Axle Load

    The steering axle load is 5 700 kg, which exceeds the most restrictive load in Canada (5 500 kg in Saskatchewan) by 3.6%. It is however well under the second most restrictive load in the country (Alberta at 7 300 kg).

  . Vehicle Length

    The overall length of the longer bus will be 13.7 m, while the Canadian standard is 12.5 m, except for P.E.I. and Newfoundland whose limits are 12.2 and 12.0 m respectively. The American regulation length is usually 12.2 m.

- Concept B (four-axle longer bus)

  . Loads According to Tire Width on Both Rear Axles

    Loads according to tire width on both rear axles slightly exceed Canada's most restrictive standards (in the three Prairie provinces) established at 9.08 kg/mm and 9.05/mm of tire width on the two rear axles. In other provinces, the maximum varies between 10.0 and 11.0 kg/mm. Although 326.7 mm (12.86 in.) tires would allow conformance to the 9.0 kg/mm maximum, the widest tires presently available are only 323.9 mm (12.75 in.).

  . Vehicle Length

    As for concept A, the concept B bus is 13.7 m long, which exceeds both Canadian and American standards.

In summary, concepts A and B both have two non-regulation features. However, the steering axle load in concept A exceeds the maximum only in Saskatchewan, and the concept B bus could be equipped with tires wide enough to comply with tire load regulations. Bus length therefore constitutes the main regulatory constraint for both concepts.

TABLE 4.1 - WEIGHT AND DIMENSION REGULATIONS FOR THE THREE-AXLE LONGER ACCESSIBLE BUS CONCEPT A

Regulated elements related to intercity coaches			Weights and Dimensions regulation (most restrictive)					Projected weights and Dimension
			Canadian Provinces (1)			Canada (1)	United States (2)	
			West (3)	Centre (4)	East (5)			Concept A
Tire	Maximum tire width (kg)		486 A	B	B	486	N/A	363.9
	Maximum load tire (kg)	steering axle	3.000 C	B	B	3.000	N/A	2.850
		rear drive axle						2.215
		rear tag axle						2.275
	Maximum load tire width (kg/mm)	steering axle	9.00	11.00	10.00	9.00	9.80	8.00
		rear drive axle						6.64
		rear tag axle						7.00
Axle	Ground load - steering axle (kg)		5.500	8.500	9.000	5.500	9.072 D	5.700
	Ground load - rear drive axle (kg)		5.100	10.000	9.000	5.000	9.072	8.060
	Ground load - single axle and hydraulic axle (kg)		15.000	13.500	N/A	13.500	N/A	13.412
Gross vehicle weight	Total axle loads (kg)		20.500	22.000	N/A	20.500	N/A	
	3-axles single truck (kg)		21.500	20.100	21.500	21.500	24.497	15.110
Dimension	Length (m)		12.50	12.50	12.50 F	12.50	12.20 G	13.70
	Width (m)		2.60	2.60	2.60	2.60	2.60	2.60
	Height (m)		4.15	4.15	4.12	4.12	4.12	3.42

Notes: Axle loading specifications: steering axle: 6,640 kg; drive axle: 11,362 kg; tag axle: 4,550 kg.
(1) - Regulated loads depend on several conditions and are also subject to certain limits of tolerance. Loads can therefore vary if the conditions for which they were established change.
- The Northwest Territories and Yukon were not included in the final analysis since their regulations are very different from those of other provinces.
(2) - Allowed loads depend on several conditions specific to U.S. regulations and may therefore vary if these conditions change.
- Only the 14 neighbouring States were considered in this table.
(3) - Western provinces include British Columbia, Alberta, Saskatchewan and Manitoba.
(4) - Central provinces include Ontario and Quebec.
(5) - Eastern provinces include P.E.I., Nova Scotia, New Brunswick and Newfoundland.
A - Only Alberta has regulated this item.
B - No regulations have been established for this item.
C - Only Saskatchewan has regulated this item.
D - The same standard applies for both the single rear axle and the single steering axle.
E - The conditions related to axle spacing are not known.
F - Excludes Newfoundland and P.E.I. whose regulation lengths are 12.0 m and 13.1 m respectively.
G - Includes only 10 neighbouring States.
N/A - Not available

TBALE 4.2 - WEIGHT AND DIMENSION REGULATIONS FOR THE FOUR-AXLE LONGER ACCESSIBLE BUS CONCEPT B

Regulated elements related to intercity coaches			Weights and regulations regulation (most restrictive)					Projected weights and dimensions
			Canadian Provinces (1)			Canada (1)	United States (2)	
			West (3)	Centre (4)	East (5)			Dimension F
Tire	Maximum tire width (kg)		486 A	B	B	486	N/A	323.9
	Maximum load tire (kg)	steering tandem axle: axle no 1	3,000 C	B	B	3,000	N/A	2,315
		steering tandem axle: axle no 2						2,385
		rear tandem axle: axle no 1						2,540
		rear tandem axle: axle no 2						2,930
	Maximum load tire width (kg/mm)	steering tandem axle: axle no 1	9.00	11.00	10.00	9.00	9.62	7.15
		steering tandem axle: axle no 2						7.12
		rear tandem axle: axle no 1						9.80
		rear tandem axle: axle no 2						9.85
Axle	Ground load - steering tandem axle (kg)		11,000	16,000	17,000	11,000	N/A	9,240
	Ground load - rear tandem axle (kg)		16,000	16,000	16,000 D	16,000	15,422 E	14,742
Gross vehicle weight	Total axle loads (kg)		27,000	33,600	33,000	27,000	N/A	
	4-axles single truck (kg)		27,000	37,500	34,000	27,000	N/A	26,540
Dimension	Length (m)		12.50	12.50	12.50 F	12.50	12.20 G	13.72
	Width (m)		2.60	2.60	2.60	2.60	2.60	2.60
	Height (m)		4.15	4.15	4.12	4.12	4.12	3.72

Notes: Axle loading specifications: steering axle (axle no 1 and no 2) 6,640 kg.
rear axle (axle no 3 and no 4) 11,360 kg.

(1)-Allowed loads depend on several conditions and are subject to certain limits of tolerance. Loads can therefore vary if the conditions for which they were established change.
-N.W.T. and Yukon were not included in the final analysis due to very different regulations from those of other provinces.

(2)-Allowed loads depend on several conditions specific to U.S. regulations and may therefore vary if these conditions change.
-Only the 14 neighbouring States were considered in this table.

(3)-Western provinces include B.C., Alberta, Sask. and Manitoba.

(4)-Central provinces include Ontario and Quebec.

(5)-Eastern provinces include P.E.I., Nova Scotia, New Brunswick and Newfoundland.

A -Only Alberta has regulated this item.

B -No regulations have been established for this item.

C -Only Sask. has regulated this item.

D -P.E.I. does not allow spacing tandem axles by less than 1.2m.

E -Conditions relating with axle spacing are not known.

F-Excludes Newfoundland and P.E.I., whose regulation lengths are 12.8m and 12.2m respectively.

G -Includes only 10 neighbouring States.

N/A-Not Available

4.3 Possibility of Changes in Regulations

Four provinces representative of their region were contacted in order to obtain comments on the regulatory constraints related to the longer accessible bus.

The main issue is the length of the bus. The persons contacted feel that there are no major constraints which would not permit to modify the existing regulations in order to permit the 14 m (45 ft) bus. It is just a matter of proving that it would be economically beneficial and safe to operate.

Some U.S. states already allow 45 ft buses, and the U.S. government recommended, a few years ago, a change in regulations in order to permit the 14 m bus.

One reason why regulations do not allow longer buses is that in most state or provincial regulations do not include buses in any specific class of vehicles. Thus, provinces or states who would want to modify regulations for a larger bus would actually have to create that class of vehicles.

It is most likely that provinces do not want to modify regulations for all vehicle lengths since they often consider that limiting length is a way to limit gross vehicle weight.

Regarding the heavy front axle issue, the problem involves Saskatchewan. So far, the province does not favour any changes in this regulation on front axle loads. It is waiting for the results of the RTAC/CCMTA Study on Heavy Vehicle Weights and Dimensions which will yield new technical data regarding pavement damages.

5. OPERATIONAL IMPACTS

5.1 Impact on Road Construction and Maintenance

Heavier axle loads increase pavement damage and deterioration. In order to maintain an acceptable level of service, it is therefore usually necessary to build stronger and heavier pavements and to increase maintenance. These additional structural and maintenance requirements result in additional pavement costs and may influence the pavement design and maintenance strategy as well as decisions regarding pavement investments.

Although the proposed concept A and B buses are heavier than the standard three-axle bus by 11.5% and 23.6% respectively, axle load distribution may reduce their impact on the pavement. A good approximate estimate of change in pavement loading may be made from the fourth power rule developed by the AASHTO road tests.

According to this rule:

- the effective loading imposed by the concept A bus is 1.05 times that of the standard three-axle bus (or 5 % heavier) and;

- the effective loading imposed by the concept B bus is 0.45 times that of the standard three-axle bus (or 55 % lighter).

Bus traffic volume varies from one road to another. In addition, the mix of vehicles on the roads, along with their weights, dimensions and power characteristics are changing. These changes have recently accelerated due to economic factors and to government regulations. All these factors seriously influence the effective proportion of buses in the traffic mix. It is therefore difficult to establish a general rule as to bus traffic. In addition, current data on bus volumes and the traffic mix proportions are difficult and expensive to obtain.

For the purpose of this study, in order to estimate the order of magnitude of the impact of concept changes, we assume that buses constitute 3.5 % of the total bus and truck traffic. This assumption is based on the traffic composition of rural roads (1980) as reported in the Traffic and Transportation Engineering Handbook, 2nd edition, 1982.

On the other hand, bus traffic constitutes 90 to 100 percent of bus and truck traffic on tourist and recreational roads.

All traffic - passenger cars, pickup trucks, panel trucks, heavy trucks and buses - contribute to pavement loading. On most intercity and rural roads however, especially on shoulder or curb lanes, light vehicles (passenger cars, pickup trucks and panel trucks) represent but a very small proportion of the total pavement loading. To simplify, and without introducing significant error in the analysis, we may assume that the entire pavement loading is caused by heavy trucks and buses.

Based on these assumptions, the increase in loading due to concept A replacing standard three-axle buses would be 1.175% of the total traffic load while the reduction in loading due to concept B replacing standard three-axle buses would be 1.93% of the total traffic load. On tourist roads, the increase due to concept A would be 4.9% and the reduction due to concept B would be 53.9%. Due to the mix of concepts A and B, the increase will depend upon the ratio of the mix and will be between 4.9 % and -53.9 %.

In fact, if all buses on the road today were of the three-axle standard type and were to be replaced by the concept B bus, a reduction in the present value of the cost of the pavement in the order of 0.193 percent may be anticipated. On the other hand, the concept A bus has heavier axle loads and its contribution to pavement damage and deterioration is estimated in the order of 0.018 percent. This increase is however deemed to be small and may be neglected for all practical purposes.

To evaluate the impact on pavement, it was assumed that either the concept A or the concept B bus will replace the entire standard three-axle bus fleet currently on the road. The actual impact of the buses will however depend on their actual mix on the road. Any significant change in pavement costs appears very unlikely.

The structural capacity of some roads is reduced during spring thaw. This is compensated by reduced truck loading. Since bus loading cannot be reduced, the effective loading imposed by the concept A buses during the spring thaw will exceed the estimated proportion. However, this impact is generally expected to be very small. On certain roads the consequences could however be significant and this matter should therefore receive further consideration. Concept B buses will impose lighter loading on the pavement and will therefore be beneficial for the pavement during the spring thaw period.

5.2 Impact on Bus Terminal Operations

The impact on bus terminal operations was assessed at four Voyageur terminals. The following are the main conclusions:

- No major operational problem is expected at the Montreal terminal with a 13.7 m coach. The only difficulty, although still within acceptable limits, would be the parking maneuver for the concept B coach when parking between two other coaches. However, two parking spaces would probably be lost in front of boarding platforms nos 15 and 16 because of the maneuvering area required by a longer coach. Parking spaces are presently used at their maximum at the Montreal terminal.

- Despite a more confined site, there should be no major problem at the Quebec terminal in accommodating a longer bus, according to Voyageur.

- At the Rouyn terminal, a longer bus would reduce available parking space in the garage since buses are parked one behind the other.

- In Val d'Or, the available width at the terminal's exit, which is already very narrow, would make maneuvering a longer bus difficult if not impossible.

5.3 Impact on Vehicle Maintenance

The impact of the new longer bus on vehicle maintenance operations was assessed through interviews with several carriers in Canada.

The main problem foreseen is undoubtedly vehicle weight which generally exceeds the capacity of hydraulic jacks. Table 5.1 shows the projected capacities and loads for concepts A and B.

TABLE 5.1 - CAPACITIES AND LOADS OF HYDRAULIC JACKS

	Front axle(s)	Rear axles
Capacity - Voyageur garage (Montreal)	8,165 kg	11,340 to 15,875 kg
Load - Concept A	5,700	13,410
Load - Concept B	9,240	11,740

The front end of the concept A coach can be lifted by most jacks, but only one jack has the required 15,875 kg capacity to lift the rear end of the vehicle.

As for the concept B coach, no jack could lift its front end and only a limited number of jacks can lift its rear end. The second major problem is attributed to the fact that jacks are designed to lift only one axle. A modification to the jack's head would however allow to lift front tandem axles and rear tandem driving axles. Contrary to the floating axle in conventional buses, the second axle of concept B must be supported when the bus is lifted.

Another problem is the height of the concept B coach which is approximately 300 mm higher than the concept A vehicle. Recently built modern garages should easily accommodate this extra height but older facilities, such as the Voyageur garage in Montreal, would require major modifications.

In short, it seems that vehicle maintenance will require jack design and garage height modifications. Vehicle length does not seem to pose a problem although garage capacity may be reduced proportionally to the added length.

5.4 Impact on Vehicle Operation

The main issue here is the longer vehicle's turning radius which is determined by the front axle's turning angle and the vehicle's wheelbase.

TABLE 5.2 - TURNING RADII

MCI 102 A3	13.3 m (43.6 ft)
Prévost Mirage XL	13.1 m (43.0 ft)
Prévost H5-60	12.8 m (42.0 ft)
CONCEPT A	13.7 m (44.9 ft)
CONCEPT B	14.7 m (48.2 ft)

Table 5.2 shows the turning radii of existing vehicles and of concepts A and B. The maneuverability of a vehicle is very sensitive to any increase of its radius. In the last ten years, both manufacturers and operators have made great efforts to reduce vehicle turning radii. As a result, the design of a 2.59 m (102 in)-wide vehicle was partly made possible by a technological improvement which allowed the increase of the front wheel turning angle from 38° to 51°. Today, these vehicles have a 13.3 m (43'6") turning radius.

The 13.7 m and 14.7 m turning radii of concepts A and B are obviously a setback as far as maneuverability is concerned. However, even the 14.7 m radius, although not desirable, is still within allowable limits. Vehicle maneuverability is assessed under three distinct conditions:

1° Highways: the turning radii of the proposed vehicles pose no problem on highways which are generally designed for vehicles with a 12.2 m wheelbase (WB-12, semi-trailer).

2° Roads and intersections: today's design standards are just about the same as in 1976. Most main road intersections can accommodate the proposed concept A and B coaches. As for narrower local roads, despite likely maneuvering difficulties, turning would rarely be impossible.

3° Terminals and garages: the turning area for a 90° turn would be 114.2 m and 127.7 m for concepts A and B respectively, or 20% to 33% more than for the conventional MCI and Prevost buses. These increases are considerable given the industry's progress in improving maneuverability. Carriers we have interviewed indicate it would still be possible, although not desirable, to operate under such conditions.

6. COSTS

6.1 Design and Development Costs

Design and development costs have been divided into two categories; those associated with vehicle construction and those associated with the integration of the lift system with the coach.

Coach design and development costs include: the design of tooling, jigs and fixtures, the development of prototype level drawings, an engineering assessment and stress analysis of the structural configuration and load bearing areas and a design review of the ancillary components and drive train.

The approximate coach design and development costs are as follows:

Concept A, three-axle configuration	$250 000. - 500 000
Concept B, four-axle configuration	$350 000.

The access lift design and development costs, prepared by T E S Limited, are based on initial development work which had been conducted previously for Transport Canada. The integration of a developed working concept within the longer coach will require a design study to determine the required modifications necessary to incorporate the access lift. Also, the effects of these modifications on the coach's structural integrity, seating layout and finishing details must be studied. The development cost includes: an engineering study of the structural configuration of the coach, a review of the seating layout and coach interior to determine optimum wheelchair restraint placement, design of the door actuator enclosure configuration and interior finishing, and design modifications to the existing prototype concept to reflect the integration requirements.

The access lift design and development cost is estimated at $70 000 for either concept.

6.2 Manufacturing Costs

The construction of a 13.7 m prototype accessible coach was discussed with MCI and Prévost Car to obtain estimates and to discuss potential problem areas. Both manufacturers were confident that a prototype could be readily built at their facilities. It should be noted that the final placement of drive train components and auxiliary systems will only be realized when the prototype has been assembled and tested. The proposed concepts have utilized the standard drive train, axles, heating and cooling systems, suspension, chassis configuration, etc. However, the costs to be incurred will be reflected by the degree of non-standardization with regard to the assembly process and component utilization.

The prototype coach construction costs supplied by the manufacturers are estimated as follows:

Concept A, three-axle configuration	$ 500 000 - $ 700 000
Concept B, four-axle configuration	$1 200 000

The manufacturing and installation of a prototype T E S Limited access lift assembly is estimated to cost $150 000. This cost includes the installation of two wheelchair restraints and sliding seat pedestals to achieve "zero seat loss". Zero seat loss is achieved when the unoccupied space required to accommodate a wheelchair passenger is utilized for regular seating (1).

Production costs for the 13.7 m or "14 m" configuration are difficult to determine because many factors contribute to the final price tag. If this length were to replace the current 12.2 m (40 ft) design entirely, then the production costs for the three-axle and four-axle configurations would be 5% and 15% higher than a conventional three-axle bus respectively, due to the use of more materials for increased length and structural strength and the extra axle in the four-axle case. It is probable, however, that the production volumes would be relatively low. Consequently costs would be further increased, to 10% and 20% higher than current designs. The foregoing production cost estimates apply only to longer buses built according to the technology of conventional three-axle buses. If the four-axle configuration were based on Prévost Car's articulated bus technology, as in Concept B, production cost would be 40% to 50% higher than a conventional bus.

In addition to the cost related to the longer design, another $ 40 000 would have to be added for the lift.

6.3 Operating Costs

Two major bus operators, Greyhound and Gray Coach, were contacted to determine their typical operating costs for existing buses and their anticipated increased costs for handling the longer accessible buses. Information was provided to the operators describing the differences between the standard 12.2 m coaches and the new 13.7 m accessible versions as depicted by Concepts A and B.

---

(1) Development and construction of a second generation wheelchair lift for an MCI 102 A3 intercity coach. T E S Report Number C658-2.

Due to the competitive nature of the intercity coach industry, the operators were unable to release information on their respective maintenance and operating costs. However, a few general points can be outlined which will provide an idea of the marginal costs to be incurred when operating the 13.7 m coaches.

Fuel consumption costs are expected to be less than or equal to current costs due to the advancements in electronic controls for engines and transmissions. The advertized savings in fuel consumption for the new electronically-controlled power plants more than offset the expected increases in fuel consumption due to the additional vehicle weight (the degree of vehicle weight effects on fuel consumption is dependent on the ratio of city to highway driving) (i.e. a higher city to highway ratio will result in increased fuel consumption).

Tire costs for the longer coach will be approximately equivalent to those for the present 12.2 m configurations. The standard tires currently used are rated to carry the required loads of the proposed concepts. To ensure that tire life does not decrease with increased carrying capacity, the inflation pressure must be increased to the correct value for supporting the specific loads.

Maintenance costs should not increase for the 13.7 m coach due to the lift installation in the generic configuration of the North American intercity coach. It should be noted, however, that there will be the typical abnormal maintenance costs associated with the introduction of a new model vehicle.

Vehicle costs (depreciation, insurance, licence, etc.) are expected to increase due to the increased capital costs and liability for the higher passenger and cargo carrying capacity.

Driver expenses (salaries and benefits) will be equivalent to those for the standard 12.2 m coach.

Terminal costs will not be a factor for most coach operators since they have been designed to accommodate the longer "14 m" designs.

The following table lists the percentage distribution of operational costs for the typical Canadian intercity coach fleet. Included is the summation of anticipated marginal costs to be incurred for operating a fleet of "14 m" coaches. The net marginal cost increase is approximately 4%.

TABLE 6.1 - OPERATING COST SUMMARY

	12.2 m	"14 m"
Driver Expenses	35%	35%
Fuel	10	10 (+/-1)
Vehicle Expenses	13	16
Maintenance	22	23
Terminals	8	8
Administration	12	12
TOTAL	100%	104% (+/-1)

7. CONCEPT EVALUATION

The present study has demonstrated that it would be technically possible to build either the three or four-axle longer accessible bus within most of the regulatory and operational limits prevailing in Canada.

Table 7.1 identifies the main criteria which may be used to compare both concepts A and B with existing bus configurations.

Capacity

The configuration of the Concept A coach permits the seating of 51 regular passengers or two wheelchairs with 43 regular passengers; Concept B provides 54 seats, or 46 with room for two wheelchairs. This seating capacity compares favourably with the 43 seats in 12.2 m buses.

The cargo capacity is evaluated at 11.4 m^3 and 12.7 m^3 for Concepts A and B, respectively. This compares favourably with the 9.0 m3 of the regular three-axle bus.

Overall, Concept B provides for greater capacity partly because it is 300 mm higher than either the conventional bus or the Concept A vehicle.

TABLE 7.1 - COMPARATIVE GRID

	Three-axle Conventional bus	Concept A	Concept B
Capacity - Passengers	43	51	54
Cargo (m3)	9.0	11.4	12.7
Gross Vehicle Weight (kg)	17 180	19 110	20 980
Ground Axle Load			
. Front axle no 1		5 700	4 630
. Front axle no 2		-	4 610
. Rear axle no 1		8 860	5 880
. Rear axle no 2		4 550	5 860
Length (m)	12.2	13.7	13.7
Turning Radius (m)	13.3	13.7	14.7
Approach Angle	10°	10°	8.7°
Departure Angle	8.5°	8.5°	8.5°
Regulatory constraints	None	Length Front-axle (1)	Length

(1) Saskatchewan front-axle load limit = 5 500 kg

Weights

The overall weight of Concept B is greater. However, it has a better weight distribution, owing to its double front axle. Recent experience with the Prévost articulated bus tends to demonstrate that the double front-axle increases ride stability.

The lighter axle load of the Concept B bus is also a positive feature which will reduce, although marginally, wear on the roads in the event that this model is adopted as a standard in the industry. This may be particularly important due to the fact that buses, as opposed to trucks, never reduce loads in the thawing season.

Maneuverability

The main criteria used to assess bus maneuverability are the turning radii for lateral movements and the approach or departure angles for vertical movements. Naturally, longer buses are less efficient, and the least maneuverable is Concept B. Although its 14.7 m (48 ft) turning radius is within the acceptable maneuverability limits, it is not desirable and operators may find it difficult to return to a state which has been improved considerably in recent years. Further research will be required in that field.

Accessibility

The study shows that it is possible to maintain the present bus capacity with the introduction of elevators. The configuration of Concept B incorporates the elevator at the rear of the vehicle, a convenient location for manufacturing purposes. However, the mid-bus location, possible on both buses and illustrated in Concept A, is preferable for operational purposes since the disabled person is thus closer to the bus driver.

Regulatory Constraints

Both vehicles are non-regulatory in terms of length. However, a survey of a few provincial authorities indicates that there would be no problem in obtaining a special permit and eventually in changing provincial regulations.

All other features or specifications of the Concept B bus are regulatory.

Concept A's front axle loads are, however, non-regulation in the province of Saskatchewan. In all other provinces, there are no problems regarding loads.

Maintenance

Both concepts will present problems related to the loading capacity of the hydraulic lifts. The height of Concept B may present a further problem.

Cost

Design and development costs for a longer bus, including the lift system, would range from $320,000 to $570,000 for the three-axle vehicle, and should amount to $420,000 for the four-axle bus.

Construction costs, including the lift system, for a three-axle prototype would reach $650,000 to $850,000, and $1 350,000 for a four-axle bus.

Compared to a standard vehicle, production cost for the buses as described in this report would be 10% higher for the three-axle bus, and 40% to 50% higher for a four-axle bus based on Prévost Car's articulated bus technology. However, if conventional technology is used for the four-axle design, the production cost increase would be reduced to approximately 20%.

8. CONCLUSION

Both the three and four-axle configurations are technically, operationally, and regulatorily feasible solutions for a longer accessible intercity coach.

At this stage, neither concept outclasses the other in all aspects. Generally, Concept A has the following advantages:

- better maneuverability
- easier maintenance
- lower capital cost

Concept B, on the other hand, presents the following advantages:

- greater passenger and cargo capacity
- better highway stability
- easier to integrate lift
- less regulatory constraints
- lower expected tire wear
- better air conditioning

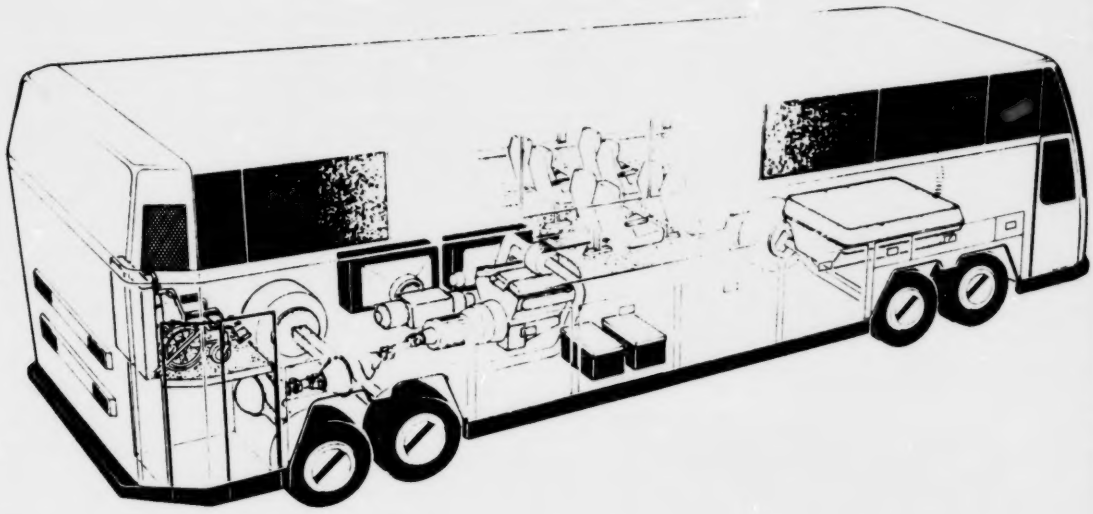
In order to proceed with the choice of one of the concepts for the development of a prototype, TDC and the bus industry may be interested in evaluating the market acceptability of either one of the proposed concepts. The industry will most probably welcome a longer accessible bus. Capital costs however may be a major setback. This market survey should include not only the Canadian bus operators but also U.S. bus operators which, in effect, dominate the market.

Finally, further research should be concentrated on increasing the maneuverability of the longer bus. For example, research on the steering of the rear axles may reduce the turning radius. A movement of only a few degrees may help considerably.

Different motor configurations should also be evaluated. For example, pancake motors may increase baggage capacity on the bus.

TP 8233 F

Faisabilité d'un autobus interurbain allongé accessible



Préparé pour
le Centre de
Développement
des Transports

Beauchemin-Beaton-Lapointe Inc.
CONSULTANTS
1134 ouest, rue Ste-Catherine, Montréal, Québec H3B 1H4

en collaboration avec

T E S Limited
2548 Sheffield Road
Ottawa, Canada K1G 3V1

CA1
DTC 801
86
F21Z
c.2

Juin 1986

854-005

TP 8233F

Library and Information Centre / Centre de Documentation (GSLA)
RECEIVED - REÇU LE
OCT 5 1987
Transport Canada / Transports Canada

Faisabilité d'un autobus interurbain allongé accessible

par

Pierre Asselin, ing.
Beauchemin-Beaton-Lapointe Inc.

et

Ed A. Sloot, ing.
TES Limited

Juin 1986

AVERTISSEMENT

Les opinions et les vues exprimées dans ce rapport sont celles des auteurs et ne reflètent pas nécessairement celles du Centre de développement des transports de Transports Canada.

AVIS: Also available in English under the title "Feasibility of an Accessible Longer Intercity Bus" TP8233E.

EQUIPE DE RECHERCHE

Ce projet a été réalisé par le personnel suivant de Beauchemin-Beaton-Lapointe Inc., qui a agi à titre de contractant principal, et de TES Limitée agissant à titre de sous-contractant.

Equipe de BBL Inc.

Pierre Asselin, ing.
Jean Bertrand, B.Tech.
Wasi Hanafi, ing.
Guy Martin, ing.
Guy Pellerin, ing.
Walter Reniger, traducteur

Equipe de TES Limitée:

James C. Patry, ing.
Ed A. Sloot, ing.
Ralph Vanderwell, ing.
G.B. Miller, ing.
A. Plummer, arch.

REMERCIEMENTS

Les auteurs tiennent à remercier, outre M. Brian Marshall du Centre de développement des transports, plusieurs personnes oeuvrant au sein de l'industrie de l'autobus et, plus particulièrement:

M. Jules Perrault, ing., Vice-président - Ingénierie, Prévost Car Inc., St-Clair, Québec

M. George Schwarz, Directeur - Ingénierie, Motor Coach Industries, Winnipeg, Manitoba.

M. Henri J. Chardola, Vice-président, Projets spéciaux, Entreprises Voyageur Ltée, Montréal, Québec.

M. Joe Dubrowski, Vice-président - Ingénierie, Transportation Manufacturing Corporation, Roswell, New Mexico.

M. R.D. Tunks, Directeur régional, Greyhound Lines of Canada Ltd. Toronto, Canada.

M. G.W. Miller, Directeur - Services aux clients, Gray Coach Lines Ltd., Toronto, Ontario.

M. Don Humphrey, Rockwell International Corporation, Troy, Michigan.

M. George J. Bergsma, Detroit Diesel Allison, London, Ontario.

Transports Canada / Transport Canada

Développement / Development

FORMULE DOCUMENTAIRE DU RAPPORT

1. N° du rapport Transports Canada	2. N° de l'étude — CDT	3. N° de catalogue du destinataire
TP 8233F	6629	

4. Titre et sous-titre	5. Date du rapport
Faisabilité d'un autobus interurbain allongé accessible	Juin 1986
	6. N° du rapport de l'organisme exécutant: 854-005

7. Auteur(s)	8. N° de dossier Transports Canada
Pierre Asselin, Ed Sloot	D1465-472

9. Nom et adresse de l'organisme exécutant	10. N° de dossier — ASC
Beauchemin-Beaton-Lapointe Inc. 1134 ouest, rue Ste-Catherine Montréal (Québec) H3B 1H4	14SD.T8200-4-4549/1
	11. N° de contrat — ASC ou Transports Canada: OSD84-00270

12. Nom et adresse de l'organisme parrain	13. Genre de rapport et période visée
Centre de développement des transports (CDT) 200 ouest, boul. Dorchester Suite 601, tour ouest Montréal (Québec) H2Z 1X4	14. Code de l'organisme parrain

15. Remarques additionnelles	16. Agent de projet — CDT
Ce document est également disponible en anglais: "Feasibility of an Accessible Longer Intercity Bus", TP 8233E	Brian Marshall

17. Résumé

Ce rapport rend compte de l'étude de faisabilité concernant la réalisation d'un autocar allongé, fondé sur les matériels canadiens existants, qui serait adapté au transport des personnes handicapées. Le but recherché est de pouvoir transporter deux passagers en fauteuil roulant sans réduire la capacité d'emport normale de l'autocar. Le rapport traite des aspects technico-économiques, réglementaires et opérationnels, notamment les dimensions globales, l'augmentation et la répartition de la masse, le renforcement de la structure et l'intégration d'un dispositif d'embarquement. Les diverses options dégagées sont ensuite analysées à la lumière des contraintes réglementaires applicables, puis leur impact sur les entreprises de transport ainsi que sur la construction et l'entretien des routes est déterminé; des devis estimatifs sont également proposés en ce qui concerne le développement et la réalisation d'un modèle pré-série et série.

Le rapport montre la faisabilité technique de deux matériels de 13,7 m (45 pieds) de long, l'un à trois, l'autre à quatre essieux. Il souligne cependant la nécessité de modifier la réglementation limitant la longueur hors tout à 12,2 m (40 pieds), ce qui ne devrait pas poser de problème rédhibitoire. De plus, la réglementation de la Saskatchewan concernant la charge maximum sur l'essieu directionnel devra être atténuée pour ce qui est du véhicule allongé à trois essieux. Enfin, le rapport calcule que le prix de revient de ce véhicule pourrait être de 10 à 20% supérieur au modèle classique, sans compter bien sûr le coût du dispositif d'embarquement.

18. Mots-clés	19. Diffusion
Autobus interurbain, autocar allongé, transport adapté, invalides, handicapés, dispositif d'embarquement, réglementation.	Le Centre de développement des transports dispose d'un nombre limité d'exemplaires.

20. Classification de sécurité (de ce rapport)	21. Classification de sécurité (de cette page)	22. Nombre de pages	23. Prix
non classifié	non classifiée	57	

CDT/TDC 79-005 Rev 86

Canada

Transport Canada / Transports Canada

Development / Développement

REPORT DOCUMENTATION FORM

1. Transport Canada Report No.	2. TDC Project No.	3. Recipient's Catalogue No.
TP 8233F	6629	

4. Title and Subtitle	5. Report Date
Faisabilité d'un autobus interurbain allongé accessible	June 1986
	6. Performing Organization Report No. 854-005
7. Author(s)	8. Transport Canada File No.
Pierre Asselin, Ed Sloot	D1465-472
9. Performing Organization Name and Address Beauchemin-Beaton-Lapointe Inc. 1134 St. Catherine Street West Montreal, Quebec H3B 1H4	10. DSS File No. 14SD.T8200-4-4549/1
	11. DSS or Transport Canada Contract No. OSD84-00270
12. Sponsoring Agency Name and Address Transportation Development Centre (TDC) 200 Dorchester Blvd. West Suite 601, West Tower Montreal, Quebec H2Z 1X4	13. Type of Report and Period Covered
	14. Sponsoring Agency Code
15. Supplementary Notes Also available in English under the title: "Feasibility of an Accessible Longer Intercity Bus", TP 8233E.	16. TDC Project Officer Brian Marshall

17. Abstract

This study evaluates the feasibility of developing a longer intercity bus, based on current Canadian designs, with improved accessibility for disabled travellers. The aim is to provide accommodation for two passengers in wheelchairs, while maintaining the seating and baggage capacity of a standard bus. Technical feasibility, regulatory constraints, operational considerations and economics are investigated. The technical evaluation covers overall dimensions, weight increase and distribution, structural feasibility and the incorporation of a suitable access device. Proposed configurations are then checked for compliance with provincial regulations; impacts on a carrier's operation and on road construction and maintenance costs are assessed; and costs are estimated for development and construction of a prototype and for production.

Two 13.7-m (45 ft) concepts, one based on the conventional three-axle configuration and one using four axles, are feasible both technically and operationally. Modifications to the provincial regulations limiting vehicle length to 12.2 m (40 ft) would be necessary, but this does not appear to be a serious obstacle. The three-axle configuration would also require relaxation of the Saskatchewan front-axle loading regulation. Manufacturing costs are expected to be 10% to 20% greater than for a conventional bus, in addition to the extra cost of the access system.

18. Key Words	19. Distribution Statement
Longer, stretched, intercity bus, coach, accessible transportation, wheelchair lift, disabled, handicapped, regulation.	Limited number of copies available from the Transportation Development Centre on request.

20. Security Classification (of this report)	21. Security Classification (of this page)	22. No. of Pages	23. Price
Unclassified	Unclassified	57	

TDC/CDT 79-005
Rev 86

Canada

SOMMAIRE

Le Centre de développement des transports (CDT) est responsable d'un important et vaste programme de recherche portant sur le transport des personnes âgées et handicapées. L'un des objectifs prioritaires actuels du programme est l'amélioration de l'accessibilité du transport interurbain par autobus, un mode qui, jusqu'ici, est l'un des moins adaptés aux besoins des personnes à mobilité réduite.

Un autobus accessible allongé, basé sur un concept existant, semble constituer une solution appropriée à ce problème d'accessibilité sans imposer de pertes importantes d'espace pour les passagers et les bagages.

Cinq concepts ont initialement été développés dans le document de travail no:1: deux concepts basés sur des véhicules à simple essieu avant, tels que fabriqués par MCI, et trois concepts basés sur des véhicules à deux essieux avant et ayant une configuration semblable à ceux de la partie avant de l'autobus articulé de Prévost Car. Deux concepts (A et B), identifiés comme étant les plus réalisables, ont fait l'objet d'une analyse technique plus détaillée dans le document de travail no:2. L'étude traite également des contraintes réglementaires, des impacts au niveau de l'exploitation ainsi que des coûts des autobus. Des schémas des concepts A et B sont présentés immédiatement après le sommaire. Le tableau 1 présente les principales données permettant de comparer les autobus des concepts A et B aux autobus conventionnels à trois essieux.

Le dispositif d'accès préféré est un élévateur pouvant être intégré à la structure de l'autobus, dans la partie médiane du concept A, et dans la partie arrière du concept B. Pour la partie médiane, seule la structure devra être renforcée. Quant à la partie arrière, la structure et les portes devront être renforcées pour une meilleure distribution du choc en cas de collision.

Des moteurs conventionnels pourraient être utilisés. L'on recommande toutefois une puissance additionnelle de 25 HP qui pourrait être fournie par le moteur 8V92TA de Detroit Diesel Allison déjà utilisé dans plusieurs autobus. Les restrictions de charge sur les essieux ne posent pas de problème ni pour l'un, ni pour l'autre des deux concepts. Des développements techniques récents ont permis d'augmenter l'angle de braquage maximum des autobus de 38° à 51°. Cette amélioration se traduit par des rayons de braquage de 13,3 m (45 pi) et 14,7 m (48 pi) pour les concepts A et B respectivement.

Bien que ces rayons ne sont pas idéals par rapport au rayon de 12,2 m (43,6 pi) atteint aujourd'hui, ils restent néanmoins acceptables et permettent d'effectuer les manoeuvres nécessaires aux terminus, dans les garages et sur la route.

TABLEAU 1 - GRILLE DE COMPARAISON

	Autobus conventionnels à trois essieux	Concept A	Concept B
Capacité - Passagers	43	51	54
Bagages (m3)	9,0	11,4	12,7
Masse totale en charge:	17 180	19 110	20 980
Charge sur les essieux:			
. essieu avant no:1		5 700	4 630
. essieu avant no:2		-	4 610
. essieu arrière no:1		8 860	5 880
. essieu arrière no:2		4 550	5 860
Longueur (m)	12,2	13,7	13,7
Rayon de braquage (m)	13,3	13,7	14,7
Angle d'approche	10°	10°	8,7°
Angle de départ	8,5°	8,5°	8,5°
Contraintes réglementaires	Aucune	Longueur Essieu avant (1)	Longueur

(1) Limite de charge sur l'essieu avant en Saskatchewan = 5500 kg

Les problèmes de chauffage et de climatisation dans les autobus existants sont dûs à l'inefficacité des systèmes de tuyauterie et de circulation de l'air. Si des améliorations à ces systèmes ne peuvent être apportées, des systèmes plus puissants pourraient être nécessaires.

Des autobus munis de sièges du type européen permettraient l'installation d'une rangée supplémentaire de sièges tout en offrant plus d'espace pour les jambes. L'autobus A pourrait avoir 51 sièges, ou 45 sièges et deux espaces pour chaises roulantes; l'autobus B pourrait avoir 54 sièges, ou 43 sièges et deux espaces pour chaises roulantes.

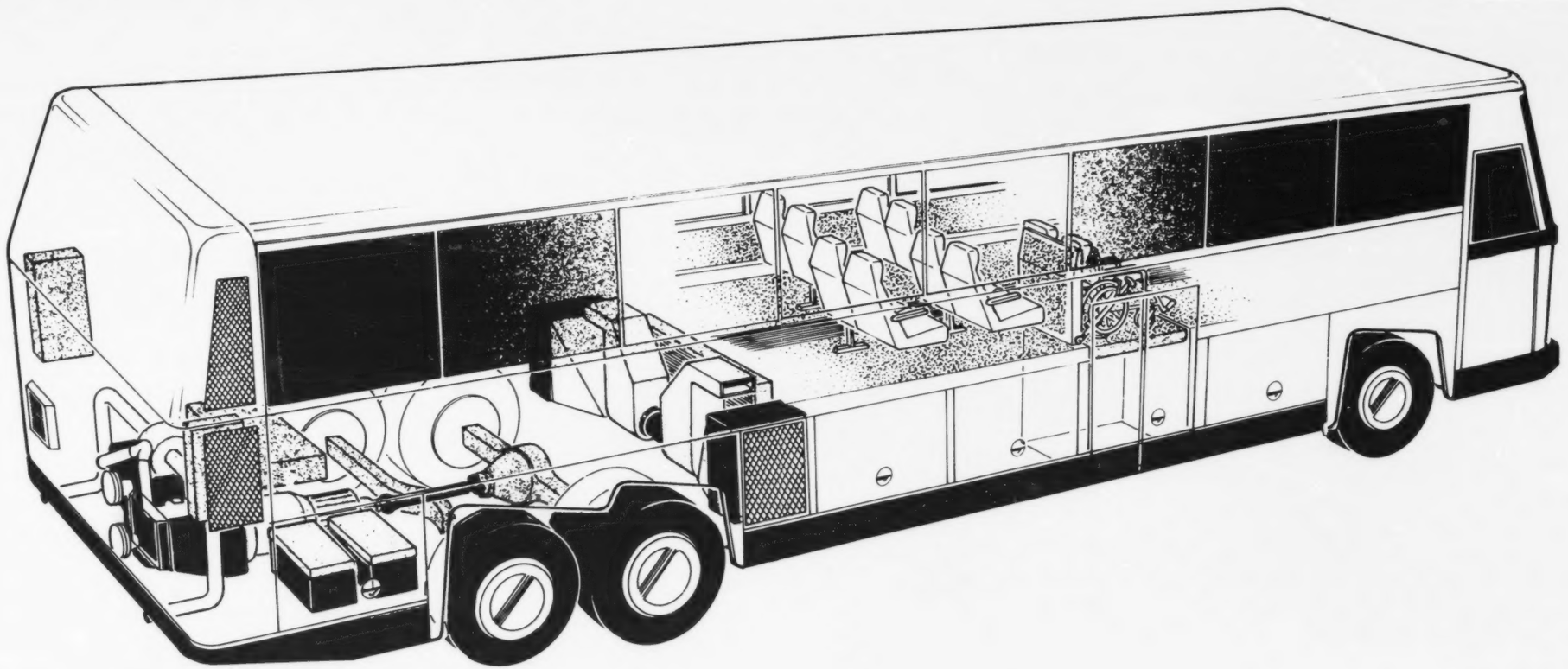
Les règlements de toutes les provinces et territoires ont été revus dans cette étude. La longueur constitue la principale contrainte pour les deux concepts. De plus, la charge de l'essieu directionnel du concept A dépasse la limite de 5 500 kg permise en Saskatchewan. Cette charge est toutefois bien au-dessus des limites permises partout ailleurs au Canada. En ce qui concerne la longueur des véhicules, il est fort probable que la réglementation pourra être modifiée pour permettre un autobus de 14 m. Bien que d'autres recherches devront être effectuées sur le sujet en ce qui concerne les Etats-Unis, il est bon de mentionner que le gouvernement fédéral américain a déjà recommandé aux états une modification à leurs règlements qui permettrait un autobus de 45 pi.

Les impacts sur les coûts de construction et d'entretien de pavage et de routes devraient être mineurs. Ainsi, la charge d'essieu supplémentaire du concept A pourrait entraîner une augmentation des coûts de l'ordre de 0,018% si tous les autobus sont remplacés. Dans le cas du concept B, les coûts baisseraient de 0,193% en raison d'une meilleure distribution de la charge sur les quatre essieux.

L'entretien des véhicules nécessitera des modifications aux appareils de levage existants. Un nombre limité seulement d'appareils pourront soulever l'arrière des autobus proposés. Le concept B comporte des problèmes supplémentaires d'une part à cause de la charge sur l'essieu avant et, d'autre part, à cause du support requis sur les quatre essieux. La hauteur du concept B peut également être un problème dans un certain nombre de garages. Par contre, la longueur des autobus ne semble constituer aucun problème bien que les espaces de stationnement subiront une réduction proportionnelle à la longueur supplémentaire.

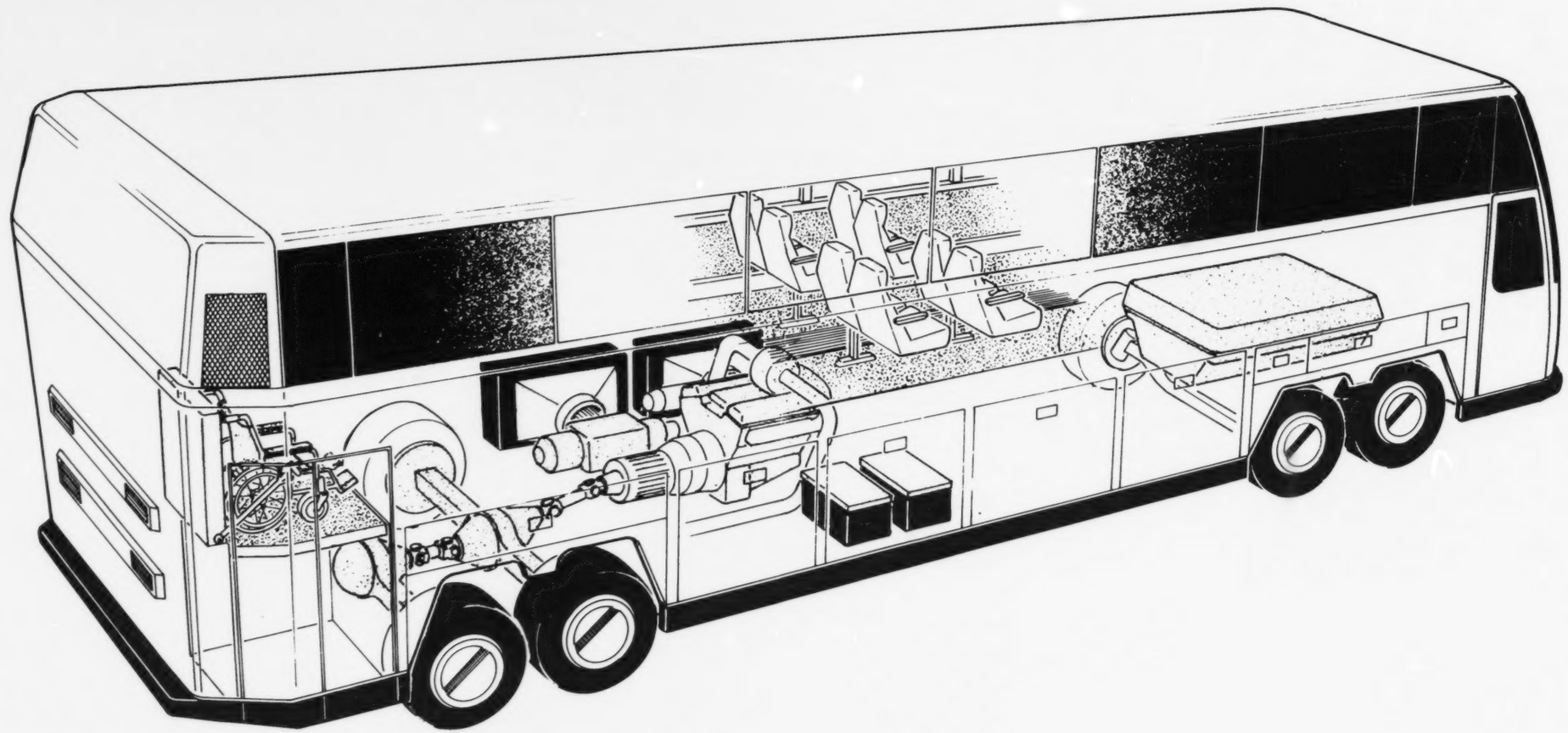
Les coûts de conception et de développement des autobus devraient se situer entre 250 000$ et 500 000$ pour le concept A et à environ 350 000$ pour le concept B. Le prototype d'un autobus à trois essieux devrait coûter entre 500 000$ et 700 000$ tandis que le coût d'un prototype à quatre essieux pourrait atteindre 1 200 000$.

Les coûts d'exploitation seront environ 4% plus élevés que ceux d'autobus existants tandis que les coûts de fabrication pourraient dépasser les coûts actuels de 10 à 20%, en plus du coût de l'élévateur qui est évalué à 40 000$.



CONCEPT A

CONFIGURATION
À TROIS ESSIEUX



CONCEPT B

CONFIGURATION
À QUATRE ESSIEUX

TABLE DES MATIERES

		Page
1.	INTRODUCTION	1
2.	METHODOLOGIE	2
3.	FAISABILITE TECHNIQUE	3
	3.1 Les concepts et leurs spécifications	3
	3.2 L'évaluation technique	10
	3.2.1 Appareils d'accès.	10
	3.2.2 Structure	12
	3.2.3. Moteur et transmission	12
	3.2.4 Essieux	16
	3.2.5 Pneus et roues	18
	3.2.6 Système de climatisation	19
	3.2.7 Vitres	19
	3.2.8 Sièges	20
4.	LA REGLEMENTATION	23
	4.1 Revue de la réglementation	23
	4.2 Non-conformités de l'autobus allongé	26
	4.3 Possibilité de modifier la réglementation	27
5.	IMPACTS OPERATIONNELS	30
	5.1 Impacts sur la construction et l'entretien du réseau routier	30
	5.2 Impact sur l'opération aux terminus	32
	5.3 Impact sur l'entretien des véhicules	33
	5.4 Impact sur l'opération routière	34
6.	COUTS	36
	6.1 Coûts de conception et de développement.	36
	6.2 Coûts de construction.	37
	6.3 Coûts d'opération.	38
7.	EVALUATION DES CONCEPTS	39
8.	CONCLUSION	42

LISTE DES TABLEAUX

		Page
Tableau 3.1	Configuration des autobus existants	4
Tableau 3.2	Spécifications des concepts A et B	5
Tableau 3.3	Composantes du concept A et leur position par rapport au centre de gravité (à partir de l'avant de l'autobus)	8
Tableau 3.4	Composantes du concept B et leur position par rapport au centre de gravité (à partir de l'avant de l'autobus)	8
Tableau 4.1	Charges et dimensions de l'autobus allongé à trois essieux - Concept A	28
Tableau 4.2	Charges et dimensions de l'autobus allongé à quatre essieux - Concept B	29
Tableau 5.1	Capacité et charges des vérins hydrauliques. . .	33
Tableau 5.2	Rayons de braquage	34
Tableau 6.1	Répartition des coûts d'exploitation	39
Tableau 7.1	Grille de comparaison.	40

LISTE DES FIGURES

		Page
Figure 3.1	Autobus interurbains existants	6
Figure 3.2	Distribution du poids de la structure et des accessoires	7
Figure 3.3	Plate-forme de levage incorporée à l'intérieur de l'autobus	13
Figure 3.4	Modifications à la structure du concept A pour le mécanisme d'accès	14
Figure 3.5	Assemblage structural du concept B sur la base des Prévost H5-60	15
Figure 3.6	Comparaison des courbes de performance de différents moteurs	17
Figure 3.7	Arrangement des sièges pour le concept A (51 sièges)	21
Figure 3.8	Arrangement des sièges pour le concept B (54 sièges)	22

1. INTRODUCTION

Le Centre de développement des transports (CDT) est responsable d'un vaste programme de recherches en matière de transport des personnes âgées et handicapées. L'un des principaux objectifs actuels de ce programme est une meilleure accessibilité au transport interurbain par autobus, l'un des modes de transport les moins adaptés aux besoins des personnes à mobilité réduite.

Les efforts du CDT se sont récemment concrétisés par la conception et la construction d'un autobus interurbain MC-9 muni d'un prototype d'élévateur intégré. Ce véhicule termine actuellement sa première de trois années d'essais par Terra Transport, à Terre-Neuve. Bien que l'élévateur ait grandement amélioré l'accessibilité, son installation a malheureusement entraîné une réduction d'espace pour les passagers et les bagages.

Un autobus allongé, basé sur un concept existant, semble constituer la solution appropriée à cette perte d'espace. Ainsi, la présente étude traite de la faisabilité d'une telle solution qui doit à la fois améliorer l'accessibilité et conserver la capacité d'un autobus conventionnel.

L'information résultant de cette étude doit permettre au gouvernement et à l'industrie privée de décider s'il faudra ou non poursuivre un programme de développement de prototypes à grande échelle.

L'étude traite à la fois de la question de faisabilité technique, des considérations opérationnelles et des questions de réglementation.

Deux options de base sont étudiées:

a) Véhicule à quatre essieux, moteur central, dérivé du nouvel autobus articulé Prévost H5-60.

b) Véhicule à trois essieux basé sur les modèles de 40 pieds présentement construits par Prévost et MCI.

L'étude de faisabilité technique traite des dimensions générales du véhicule, de la capacité requise, de l'augmentation et de la distribution de poids et de l'ajout d'un appareil d'accès.

Pour l'étude des contraintes au niveau de la réglementation, la conformité du véhicule proposé est évaluée en fonction des divers règlements provinciaux quant au poids et aux dimensions du véhicule. La possibilité de modifier certains règlements est également analysée.

Enfin, l'étude se penche aussi sur l'impact opérationnel d'un autobus allongé et sur le coût de production d'un prototype.

2. METHODOLOGIE

Les concepts d'autobus allongé qui ont été développés dans cette étude sont tous basés sur des équipements qui sont actuellement en production au Canada. Aucun design original n'a été conçu dans le cadre de cette étude. Les différents opérateurs en transport ont été initialement contactés dans le but de concevoir un autobus allongé se rapprochant le plus de leurs besoins. Les différents modules d'accès (système permettant à la personne handicapée d'accéder à l'autobus) actuellement sur le marché ont également été passés en revue.

Cinq concepts ont été initialement développés: deux concepts basés sur des véhicules ayant un seul essieu avant, tels que ceux fabriqués par MCI, et trois concepts basés sur des véhicules ayant deux essieux avant, tels que ceux de la partie avant de l'autobus articulé conçu par Prévost Car Inc.

Après avoir évalué la faisabilité technique et les contraintes réglementaires (non-conformités) reliées à chacun des concepts, deux de ceux-ci (soit un concept à un essieu avant et un concept à deux essieux avant) ont été identifiés comme étant les moins problématiques. Une étude plus poussée des composantes et des non-conformités de ces deux concepts, ainsi que les études d'impacts opérationnels et l'identification des coûts ont été effectuées pour ces deux concepts. Les concepts A et B identifiés dans le rapport final représentent les concepts II et IV décrits dans les documents de travail 1 et 2.

Les différents intervenants intéressés par la mise en service éventuelle d'un autobus allongé ont été contactés dans le but d'obtenir leur point de vue, soit: d'une part, les fabricants de véhicules et de composantes au niveau de la faisabilité technique, d'autre part, les opérateurs tels Voyageur, dans le but de connaître leurs besoins ainsi que les contraintes possibles au niveau opérationnel et, finalement, les provinces fournissant leurs interprétations des lois et règlements au sujet des normes de charges et dimensions et des possibilités d'apporter des changements à la réglementation. Du côté américain, seuls les règlements des quatorze états limitrophes au Canada ont été consultés.

En plus de ce rapport, deux documents de travail ont été produits lors de cette étude. Le document de travail no 1 élabore les cinq concepts de base, évalue les possibilités techniques et réglementaires de chacun d'eux et identifie les deux concepts les moins problématiques. Le document de travail no:2 permet de finaliser les deux concepts choisis et évalue leurs impacts opérationnels et leurs coûts. Parmi les impacts de l'autobus, nous avons analysé l'effet de la variation des charges axiales sur les coûts de construction et d'entretien de la chaussée.

Les études au niveau des impacts opérationnels réalisées dans ce document sont à caractère plutôt qualitatif que quantitatif, c'est-à-dire qu'ils visent à déterminer s'il peut exister des problèmes majeurs qui pourraient compromettre à priori le développement d'un tel véhicule.

Le rapport final résume, pour les deux concepts choisis, les aspects techniques, réglementaires, opérationnels et des coûts, en plus de synthétiser les principales contraintes envisagées et de fournir une appréciation globale de la faisabilité d'un autobus allongé. Des recommandations au sujet des solutions à mettre de l'avant dans ce dossier sont également proposées.

3. FAISABILITE TECHNIQUE

3.1 Les concepts et leurs spécifications

La simplicité et la standardisation des composantes ont fait l'objet d'une attention particulière dans la phase conceptuelle d'un autobus interurbain allongé. En simplifiant le concept, en minimisant le travail de conversion requis des constructeurs d'autobus et en utilisant des composantes existantes lorsque possible, l'on peut minimiser les coûts d'investissement et de production reliés à la construction d'un autobus allongé. Compte tenu de ce principe, cinq concepts ont été développés et deux d'entre eux ont été retenus pour une analyse plus approfondie. Ces concepts sont basés sur les autobus de 259 cm (102 po) de largeur présentement construits au Canada. Les configurations des autobus interurbains sont illustrées à la figure 3.1. Une liste de leurs caractéristiques est présentée au tableau 3.1 pour fins de comparaison avec les caractéristiques des autobus allongés. Les configurations des cinq concepts choisis pour la première évaluation sont présentées dans le document de travail no:1.

TABLEAU 3.1 - CONFIGURATION DES AUTOBUS EXISTANTS

MODELE	MCI 102A3	PREVOST MIRAGE XL/ MARATHON XL	PREVOST H5-60
Longueur totale (m)	12,2	12,2	18,3
Largeur totale (m)	2,6	2,6	2,6
Hauteur totale (m)	3,4	3,3	3,6
Porte-à-faux avant* (m)	1,9	1,8	1,8
Porte-à-faux arrière* (m)	2,0	2,1	1,8
Angle d'approche (m)	10°	12,4°	8,7°
Angle de départ (m)	8,5°	10,7°	10°
Ecartement des roues (m)	7,2	7,1	7,3
Rayon de braquage (m)	13,3	13,1	12,8
Poids brut (kg)	17 180	17 280	26 000
Capacité de cargo (m3)	9,0	8,9	15,6

* - porte-à-faux avant mesuré à partir du centre de l'essieu avant
- porte-à-faux arrière mesuré à partir du centre de l'essieu flottant ou de l'essieu moteur arrière.

Les spécifications définitives des concepts A et B sont résumées au tableau 3.2. La méthode utilisée pour déterminer les charges sur les essieux des deux concepts est décrite dans le document de travail no:2. En résumé, l'on a dû déterminer les poids des autobus ainsi que les positions de leurs centres de gravité respectifs. Les centres de gravité ont été calculés à partir du poids des composantes individuelles, fournis par Motor Coach Industries (MCI), Prévost Car Inc. et les fabricants de pièces. Les poids indiqués, présentés aux tableaux 3.3 et 3.4, tiennent compte des modifications requises pour les deux concepts. La position des composantes est également indiquée aux tableaux.

Une importante partie du poids total des autobus est attribuable à la carrosserie et aux accessoires, soit la charpente, les parois extérieure et intérieure, les fenêtres, le plancher, les portes des soutes à bagages, les sièges ainsi que diverses autres composantes non comprises dans les pièces dont le poids est calculé individuellement. Des plans structuraux des autobus ont été utilisés pour déterminer la position du centre de gravité de la carrosserie et des accessoires. Les charpentes des autobus ont été divisées en sections de densité à peu près égale. Des fractions correspondantes du poids total de la carrosserie et des accessoires ont ensuite été attribuées aux diverses sections de la charpente.

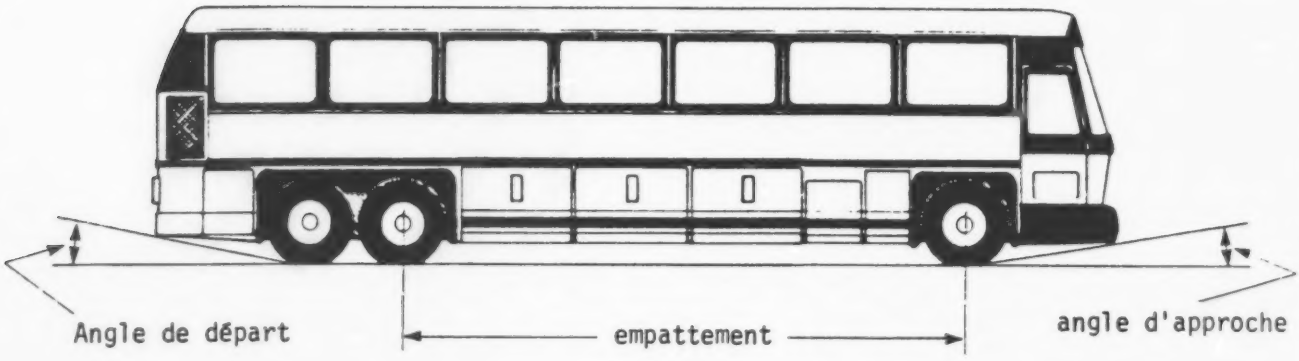
Les résultats de cette méthode (figure 3.2) illustrent un profil de répartition du poids selon la capacité structurale des diverses parties des autobus A et B. Ces poids ainsi répartis ont ensuite été regroupés à l'aide d'une équation pour obtenir la position du centre de gravité des autobus.

TABLEAU 3.2 - SPECIFICATIONS DES CONCEPTS A ET B

ELEMENTS	CONCEPT A	CONCEPT B
Longueur totale	13,7 m	13,7 m
Largeur totale	2,6 m	2,6 m
Hauteur totale	3,4 m	3,7 m
Porte-à-faux avant *	1,9 m	1,8 m
Porte-à-faux arrière *	2,6 m	2,4 m
Angle d'approche avant	10,0°	8,7°
Angle d'approche arrière	8,5°	8,5°
Ecartement des roues	8,0 m	9,0 m
Angle des roues directionnelles	51,0°	50,0°
Rayon de braquage	13,7 m	14,7 m
Charge sur essieu directionnel no:1	5 700 kg	4 630 kg
Charge sur essieu directionnel no:2	-	4 610 kg
Charge sur essieu arrière no:1	8 860 kg	5 880 kg
Charge sur essieu arrière no:2	4 550 kg	5 860 kg
Poids total	19 110 kg	20 980 kg
Capacité de cargo	11,4 m^3	12,7 m^3

* - porte-à-faux avant mesuré à partir du centre de l'essieu avant
  - porte-à-faux arrière mesuré à partir du centre de l'essieu arrière

AUTOBUS CONVENTIONNEL DE 12,2 m



AUTOBUS ARTICULÉ EXISTANT 18,3 m

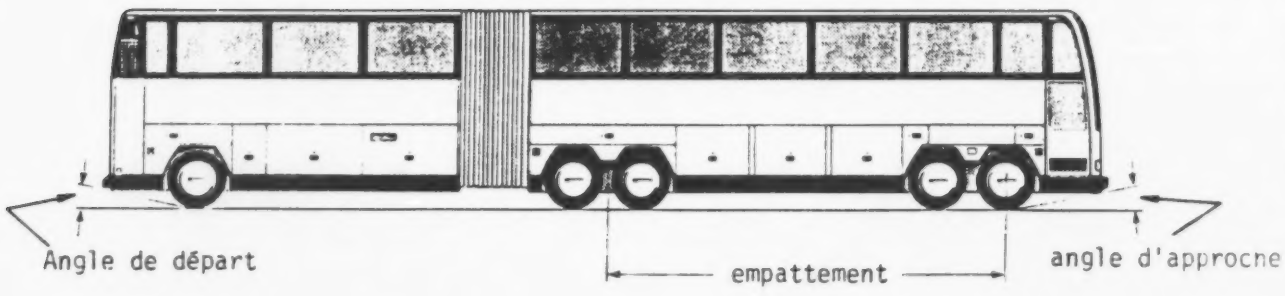
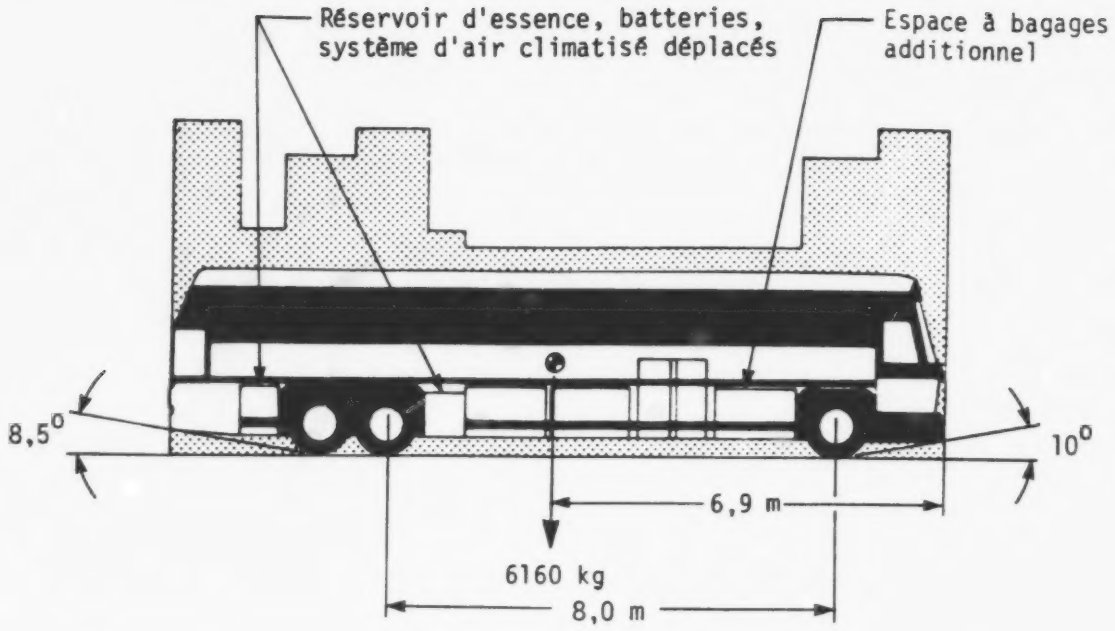
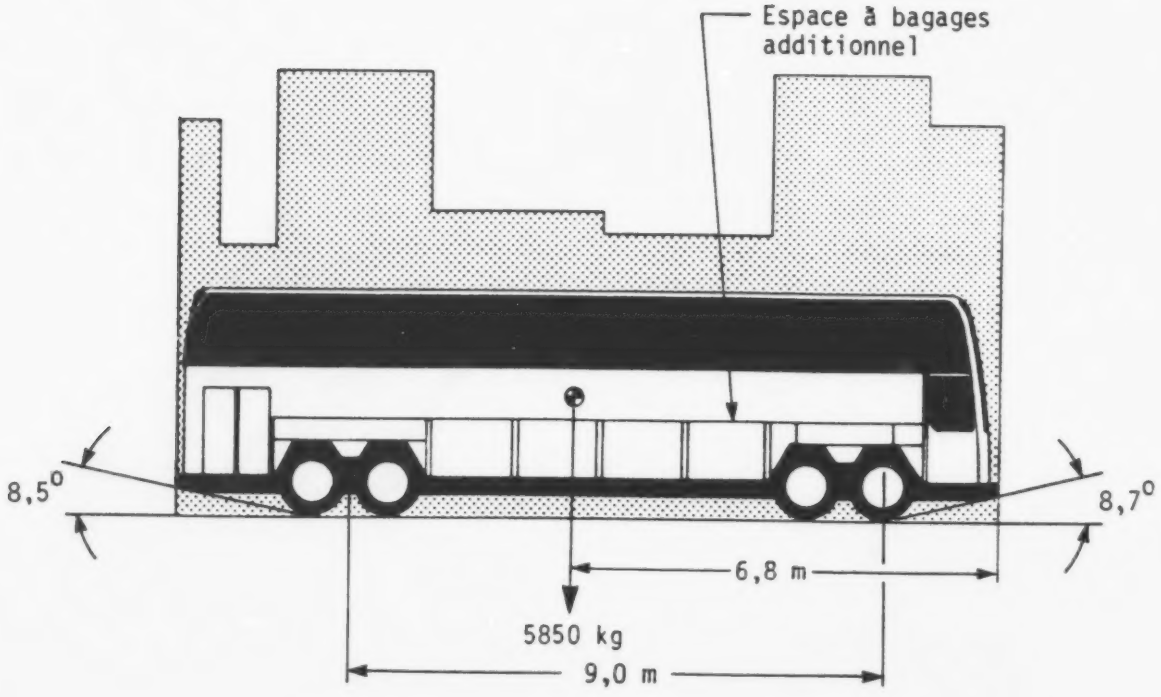


FIGURE 3.1 AUTOBUS INTERURBAINS EXISTANTS



CONCEPT A



CONCEPT B

FIGURE 3.2 DISTRIBUTION DU POIDS DE LA STRUCTURE ET DES ACCESSOIRES

TABLEAU 3.3 - COMPOSANTES DU CONCEPT A ET LEUR POSITION PAR RAPPORT AU CENTRE DE GRAVITE (A PARTIR DE L'AVANT DE L'AUTOBUS)

COMPOSANTE	POIDS (kg)	POSITION (m)
Roue de secours	55	0,5
Tableau de bord, accessoires et conducteur	455	0,5
Essieu avant	760	1,9
Berceau de l'essieur avant	510	1,9
Elévateur d'accès	910	5,6
Carrosserie et accessoires (voir fig. 3.2)	6 160	6,9
Chauffage et climatisation	240	8,7
51 passagers avec bagages (51 x (68 kg/pers. + 12 kg bagages/pers.))	4 080	6,9
Essieu moteur	1 400	9,9
Berceau de l'essieu arrière	820	10,5
Essieu flottant	620	11,1
Carburant (150 gal.U.S.) et batteries	700	12,3
Compresseur (climatisation)	100	13,4
Moteur et transmission	1 910	12,8
Toilette standard	230	12,8
Refroidissement du moteur	160	13,0
TOTAL	19 110	

TABLEAU 3.4 - COMPOSANTES DU CONCEPT B ET LEUR POSITION PAR RAPPORT AU CENTRE DE GRAVITE (A PARTIR DE L'AVANT DE L'AUTOBUS)

COMPOSANTE	POIDS (kg)	POSITION (m)
Tableau de bord, accessoires et chauffage	455	0,5
Roue de secours	55	0,5
Essieu avant no:1	810	1,8
Berceau de l'essieu avant	680	2,4
Carburant (200 gal.U.S.) et batteries	910	2,4
Essieu avant no:2	810	3,0
Chauffage, climatisation et refroidissement du moteur	400	6,3
Carrosserie et accessoires (voir fig. 3.2)	5 850	6,8
54 passagers avec bagages (54 x (68 kg/pers. + 12 kg bagages/pers.))	4 320	6,9
Compresseur (climatisation)	100	7,3
Moteur et transmission	1 910	8,2
Essieu moteur no:1	1 360	10,2
Berceau de l'essieu arrière	820	10,8
Essieu moteur no:2	1 360	10,2
Toilette standard	230	13,0
Elévateur d'accès	910	13,2
TOTAL	20 980	

CONCEPT A

- Ce concept est basé sur l'autobus MCI 102A3.

- Le réservoir à carburant, les batteries et le climatiseur sont déplacés vers l'arrière. Cette nouvelle position permet de réduire l'empattement et le rayon de braquage à 8,0 m et 13,7 m respectivement, et de transférer environ 910 kg de l'essieu avant à l'essieu arrière.

- Cette option accroît toutefois la complexité du concept puisque l'emplacement proposé pour le réservoir et le climatiseur devra subir des modifications. Le déplacement des batteries ne devrait, par contre, poser aucun problème.

- Les charges sur les essieux seront de 8 860 kg à l'arrière et 5 700 kg à l'avant.

- Un élévateur de chaises roulantes est prévu à l'endroit du troisième compartiment à bagages à partir de l'essieu moteur. Ce type d'installation a déjà été réalisé et est considéré comme étant efficace et parfaitement réalisable. L'installation de cet élévateur sur d'autres modèles d'autobus interurbains est considérée comme faisable mais peut requérir certaines modifications.

CONCEPT B

- Ce concept est basé sur la partie avant de 11 m de l'autobus articulé H5-60 Prévost, d'une longueur totale de 18,3 m.

- Un élévateur est prévu à l'arrière, permettant ainsi un accès à la toilette. De plus, les 910 kg de l'appareil sont supportés par les essieux arrières.

- L'empattement de 9,0 m permet un porte-à-faux de 2,4 m ainsi qu'un rayon acceptable, bien qu'il ne soit pas idéal, de 14,7 m.

- Un compartiment à bagages standard est ajouté au centre de l'autobus. Des compartiments à bagages sont également prévus à l'arrière.

- Les dimensions du porte-à-faux arrière répondent aux exigences minimum pour l'installation de l'élévateur. L'accès des chaises roulantes aux toilettes a également été considéré en fonction de la position arrière de la porte, tel que discuté plus loin.

- La soute à bagages offre une capacité de 12,7 m^3. Un tel volume est possible grâce aux 30 cm de hauteur additionnelle du H5-60 par rapport aux autobus conventionnels.

- Aucune des principales composantes du H5-60 n'ont été déplacées ou modifiées. De plus, des sections existantes de l'autobus ont été utilisées lorsque possible.

- Les charges sur les roues demeurent acceptables et seule la charge sur l'essieu directionnel a été accrue par rapport au H5-60 non modifié. Les nouvelles charges sont néanmoins bien en-dessous de la limite de 5 450 kg pour l'essieu avant.

- Bien que le concept modifié du H5-60 sera plus court que l'autobus articulé original, la dimension du moteur, la transmission, les systèmes de chauffage, de ventilation et de climatisation, ainsi que la capacité de freinage resteront adéquats et pourraient même être remplacés par des unités plus petites afin de réduire les coûts.

3.2 L'évaluation technique

3.2.1 Appareils d'accès

Quatre concepts ont été évalués; chacun de ces concepts existe déjà sur le marché:

- la plate-forme de levage, incorporée à l'intérieur de l'autobus
- la plate-forme de levage, incorporée à l'extérieur de l'autobus
- l'appareil de levage installé à quai
- l'élévateur-marchepied.

Les avantages et les inconvénients de chacun de ces systèmes sont discutés dans le document de travail no:1. Le système préféré, soit la plate-forme de levage incorporée à l'intérieur de l'autobus, est illustré à la figure 3.3. Ce système assure un accès sûr et confortable aux personnes en chaise roulante par une entrée latérale de l'autobus. Les personnes à mobilité réduite peuvent ainsi bénéficier du transport interurbain. Le système de levage illustré à la figure 3.3, déjà installé sur plusieurs autobus de Motor Coach Industries (MCI), a été bien reçu par toutes les associations de personnes handicapées.

Ce système est sûr, facile à opérer et conforme à tous les règlements provinciaux et fédéraux applicables.

Avantages

1) Le système permet l'accès aux personnes en chaise roulante de divers degrés de mobilité.

2) L'accessibilité aux soutes est maintenue en-dessous de la plate-forme de levage.

3) Il n'y a pas de perte de sièges conventionnels si aucun passager en chaise roulante ne monte dans l'autobus.

4) Le système de levage est entièrement intégré à l'intérieur de l'autobus.

5) L'aspect esthétique de l'autobus est maintenu aussi bien à l'extérieur qu'à l'intérieur.

6) Le temps requis pour monter une personne en chaise roulante à bord de l'autobus ou d'en redescendre ne dépasse pas trois minutes.

Inconvénients:

1) La charpente de l'autobus doit être renforcée, entraînant une légère diminution du volume des soutes à bagage.

2) Chaque chaise roulante à bord de l'autobus résulte en une perte nette de trois sièges ordinaires.

3) L'aménagement du système de levage requiert d'importantes modifications à la charpente et à l'assemblage intérieur de l'autobus.

4) Le système de levage ajoute environ 910 kg au poids brut de l'autobus.

3.2.2 Structure

- Concept A

Le module d'accès pour ce concept se situe à la partie centrale de l'autobus, nécessitant donc un renforcement de la structure de l'autobus en cet endroit (figure 3.4). L'augmentation de l'empattement de l'autobus allongé nécessitera également un renforcement structural le long du véhicule. La relocalisation des composantes telles que les batteries, le réservoir à essence et le système de climatisation nécessitera également des renforcements structuraux à certains endroits de l'autobus. Finalement, une attention particulière devra être portée au niveau de la suspension en raison de l'augmentation de poids de l'autobus allongé.

- Concept B

La figure 3.5 illustre la configuration de la charpente du concept B avec le système d'accès à l'arrière. L'intégrité de la charpente en cas de collision est une considération primordiale en raison du volume de l'espace non supporté requis pour le système d'accès. Aussi, les portes du système d'accès doivent être renforcées avec une poutre qui offrira une meilleure résistance et assurera le transfert de chocs éventuels à la structure de l'autobus. L'empattement plus large du concept B peut également nécessiter un renforcement de la charpente de l'autobus pour assurer la rigidité voulue dans la section centrale du véhicule.

3.2.3 Moteur et transmission

Le marché nord-américain des moteurs et transmissions d'autobus interurbains est présentement dominé par Detroit Diesel Allison (DDA). Les combinaisons moteur/transmission présentement utilisées comprennent les moteurs diesel à deux temps, série Silver 92 et les transmissions automatiques, série HT. Les moteurs sont soit des V6 ou des V8, avec une puissance effective au frein de 270 à 475 BHP. Des commandes électroniques pour les moteurs et les transmissions sont par ailleurs disponibles en option. Les commandes électroniques des moteurs assurent une meilleure économie de carburant, réduisent l'échappement, permettent un meilleur contrôle et optimisent les performances du moteur.

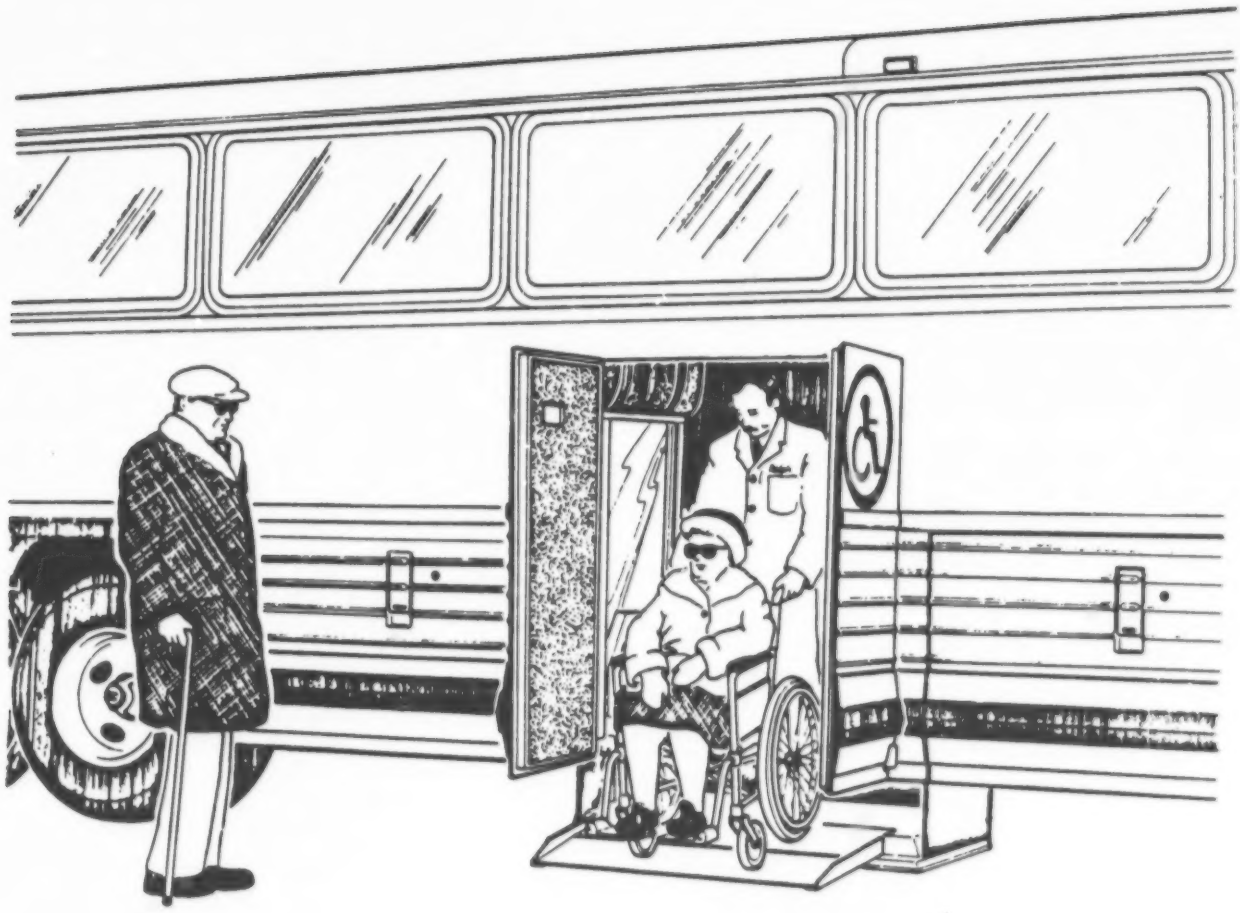


FIGURE 3.3 PLATE-FORME DE LEVAGE INCORPOREE
A L'INTERIEUR DE L'AUTOBUS

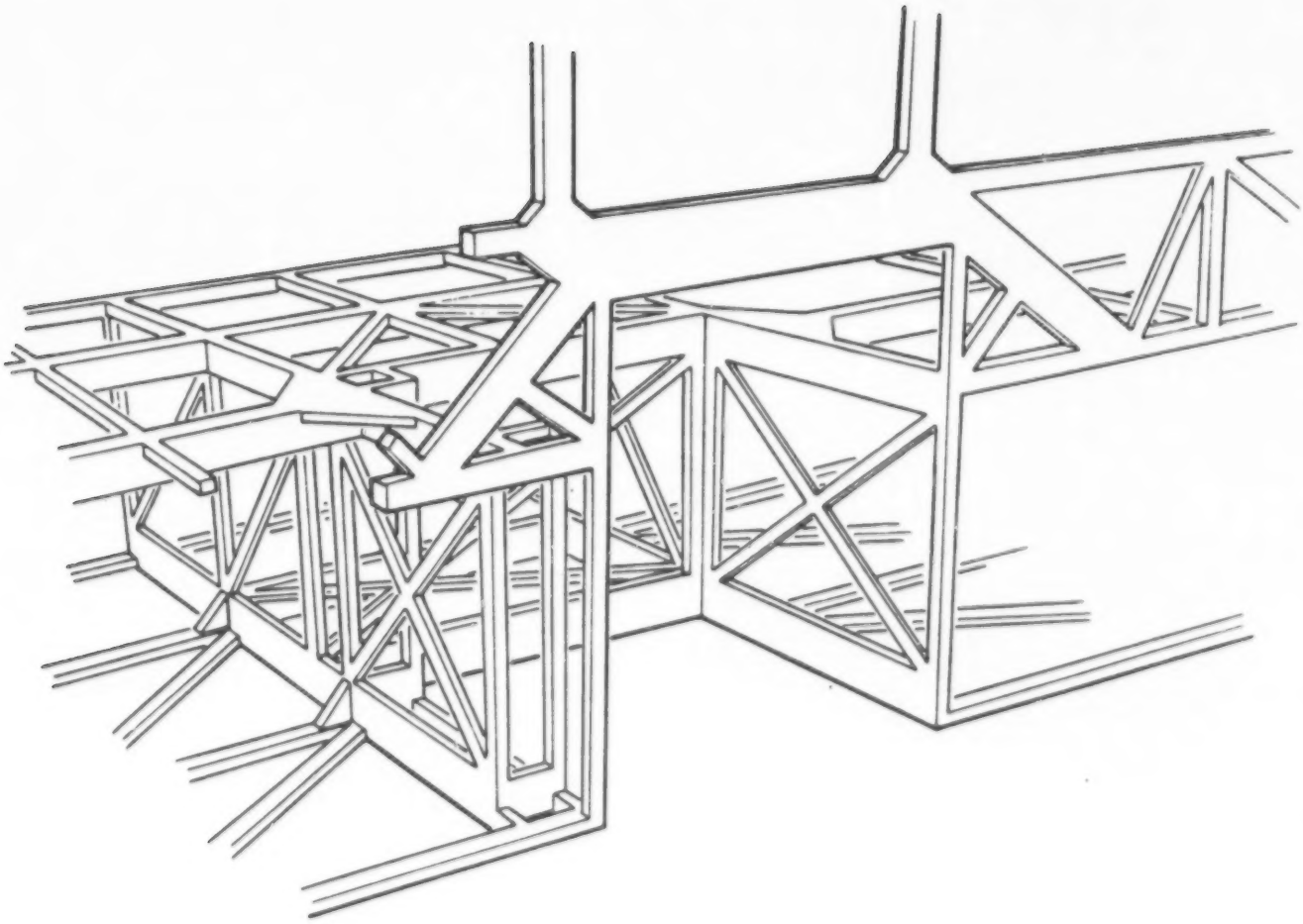


FIGURE 3.4 MODIFICATIONS A LA STRUCTURE DU CONCEPT A POUR LE MECANISME D'ACCES.

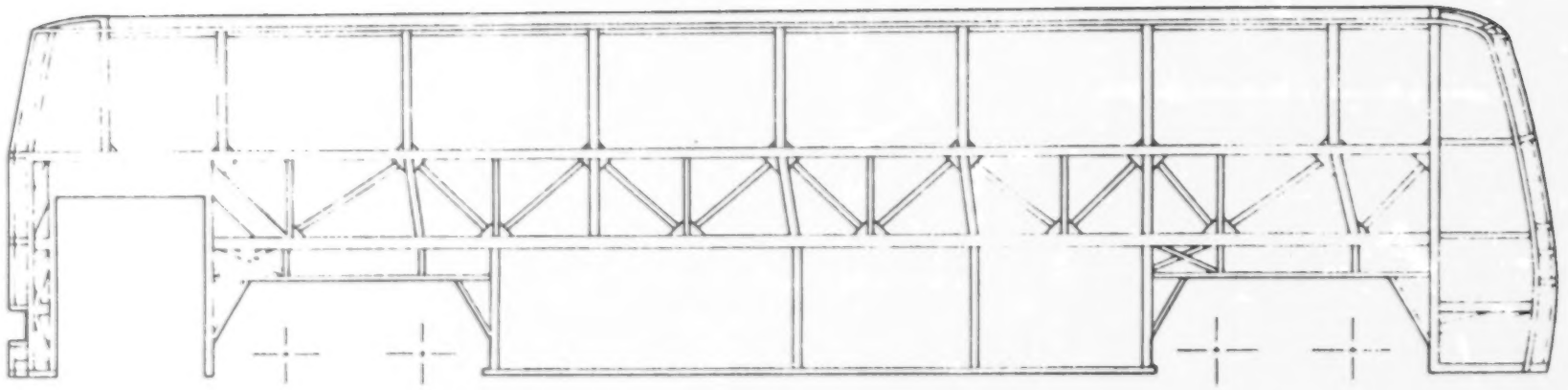


FIGURE 3.5 ASSEMBLAGE STRUCTURAL DU CONCEPT B
SUR LA BASE DU PREVOST H5-60

En définissant la puissance du moteur d'un autobus allongé, nous avons déterminé que les performances offertes pour les autobus actuels devraient être maintenues et qu'elles serviraient donc dans le choix d'un moteur pour les nouveaux autobus proposés. Ainsi, nous avons contacté Detroit Diesel Allison de London en Ontario pour obtenir les données sur la performance requise des moteurs qui seraient installés dans les autobus de concepts A et B. Le détail de ces données est inclut à l'Annexe "B" du document de travail no.2. Le résumé est présenté à la Figure 3.6.

L'information reçue indique qu'une puissance additionnelle de 25 HP, par rapport aux autobus actuels de 12,2 m, serait requise pour les autobus allongés. Quoi qu'il en soit, la puissance et la performance combinées des moteurs et des transmissions d'autobus futurs seront dictées par les besoins de l'industrie du transport de passagers. Diverses puissances sont toutefois présentement offertes et les préférences des opérateurs varient sensiblement (par exemple, 6V92 (300 HP) à 8V92 (400 HP)). Pour les besoins de cette étude, nous avons basé nos calculs sur le moteur 8V 92TA avec transmission automatique.

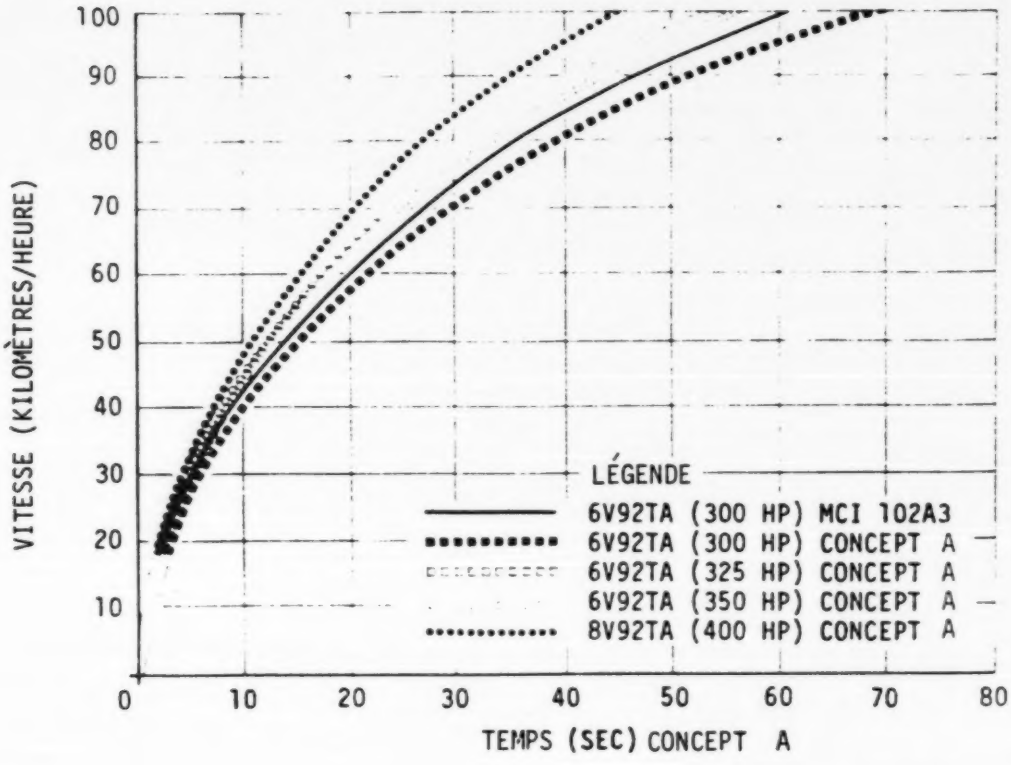
Nous avons également envisagé la possibilité de ne pas augmenter la puissance des moteurs actuels pour l'autobus allongé en acceptant une diminution de la performance générale du véhicule afin de mieux contrôler la vitesse et l'économie de carburant. Il apparaît toutefois que, contrairement aux camions, les autobus requièrent une puissance maximum plus élevée pour assurer un service rapide et fiable quels que soient le vent, la charge de passagers et les conditions de route. C'est pour cette raison que la puissance des moteurs d'autobus a toujours été maintenue à un minimum de 300 BHP.

3.2.4 Essieux

Les principaux facteurs pris en considération ici sont la charge, la largeur à l'arrière, la capacité de freinage et l'angle des roues directionnelles.

Les essieux ne représentent pas un facteur limitatif dans la conception des concepts A et B. En fait, les charges spécifiées par les fabricants d'essieux sont toujours plus élevées que pour les autres éléments (jantes par ex.).

Les récents changements dans la réglementation permettant des autobus de 2,6 mètres de largeur ont permis de développer des essieux plus larges qu'auparavant. Les autobus des concepts A et B devraient donc être équipés de ce type d'essieu qui permettent une meilleure stabilité.



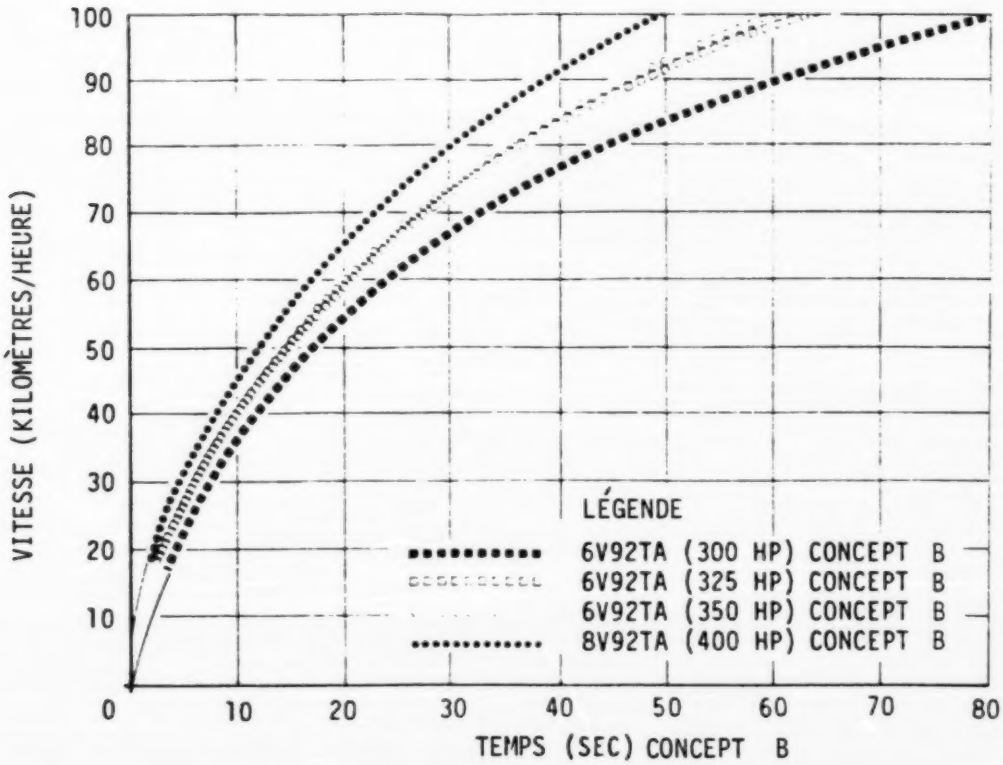


FIGURE 3.6 COMPARAISON DES COURBES DE PERFORMANCE DE DIFFÉRENTS MOTEURS

La capacité de freinage ne devrait pas être trop affectée par le poids accru des autobus allongés par rapport aux autobus conventionnels. Cette augmentation de poids ne permet pas de dépasser la capacité de freinage actuellement spécifiée sur les essieux sauf pour l'essieu flottant du concept A où il faudra s'assurer de bien respecter la capacité de freinage.

L'un des développements les plus récents touche l'angle des roues directionnelles qui a été augmenté jusqu'à 51°. Ceci permet de diminuer d'autant le rayon de braquage. Ainsi, même si l'autobus allongé possède un empattement plus long que celui de l'autobus conventionnel, les rayons de braquage entre les nouveaux et anciens autobus demeurent comparables. L'angle de 51° semble être, d'après les fabricants, la limite physique supérieure.

3.2.5 Pneus et roues

Les pneus présentement disponibles sur le marché sont conçus, suivant les spécifications des fabricants, pour supporter les charges des concepts A et B. Le problème réside au niveau de la réglementation qui exige une charge maximum de 9,0 kg par millimètre de largeur de pneu. Des pneus plus larges que ceux actuellement utilisés sur les autobus conventionnels doivent donc être employés (voir section 4.2). Présentement, la largeur maximum des pneus disponibles sur le marché est de 323,9 mm (12,75 pouces).

Bien que les règlements provinciaux limitent la charge sur les essieux, les jantes posent également une contrainte technique puisqu'elles limitent la capacité portante des essieux. Les jantes actuelles limitent la charge sur un pneu à 3200/3300 kg. Les fabricants d'essieux n'entrevoient toutefois pas de problème majeur pour augmenter la charge sur les essieux et les pneus peuvent déjà supporter des charges de plusieurs centaines de kg supérieures à celles des jantes. D'autre part, au moins un fabricant, soit Goodyear, prévoit bientôt offrir une nouvelle jante qui pourra supporter une charge de 3500 kg. En somme, une charge de 7000 kg sur l'essieu avant devrait bientôt pouvoir être atteinte. Les charges actuelles se situent entre 6360 kg et 6590 kg.

3.2.6 Système de climatisation

Les systèmes de climatisation actuellement sur le marché sont généralement peu efficaces. Les principaux problèmes sont dûs aux pertes de chaleur, à un système de conduites complexe et à un mauvais écoulement d'air. Des améliorations peuvent cependant être apportées en relocalisant le système de climatisation dans le but de permettre un meilleur retour d'air et d'accroître ainsi l'efficacité du système. C'est d'ailleurs l'approche utilisée dans la conception du H5-60 fabriqué par Prévost Car Inc. Ainsi, bien que le H5-60 possède un système de climatisation moins puissant que celui du MCI 102A3 (40,3 kw à comparer à 42,2 kw), il est néanmoins plus efficace que celui du MCI et ce, malgré un espace une fois et demie plus grand à climatiser.

D'autres facteurs doivent être pris en considération lors du design d'un système de climatisation. La portion du serpentin du condenseur, situé sous l'autobus, expose celui-ci au sel et au gravier, causant ainsi des pannes et une baisse d'efficacité du système. Ce problème peut-être résolu en relocalisant le serpentin. Les problèmes reliés à l'entretien, à l'installation et au remplacement des pièces peuvent être diminués par l'utilisation de composantes modulaires. La capacité du système de climatisation peut en outre être augmentée par l'utilisation d'un liquide de refroidissement plus performant.

Notons finalement que les problèmes au niveau du système de chauffage sont similaires à ceux du système de climatisation soit: la perte de chaleur, un système de conduites complexe et un mauvais écoulement d'air. Si aucune amélioration de l'efficacité du système de chauffage actuel n'est possible, l'utilisation d'un système de chauffage plus puissant pourrait être envisagée.

3.2.7 Vitres

Le choix des vitres est un facteur important dans la conception d'un autobus bien climatisé. Avec les tendances actuelles voulant que la surface vitrée d'un autobus soit maximisée, ce choix devient de plus en plus crucial. La technologie offre aujourd'hui trois types de vitres aux fabricants d'autobus: verre simple épaisseur, verre double épaisseur et acrylique simple épaisseur. Le choix de matériau dans les années à venir dépendra toutefois de l'élimination des problèmes reliés aux vitres en verre double épaisseur et en acrylique. L'on croit que l'un de ces deux matériaux deviendra la norme, et remplacera les vitres en verre simple épaisseur présentement utilisées. Pour l'instant, c'est ce type de verre qui a été utilisé dans le calcul des charges des autobus des concepts A et B.

3.2.8 Sièges

Un autre aspect important dans la conception d'un autobus interurbain est le type de sièges dont est équipé l'autobus. L'espace pour les jambes, l'accessibilité aux sièges, le nombre total de sièges dans l'autobus et le confort de l'usager dépendent du type de sièges dont l'autobus est équipé. L'utilisation de sièges pliants et d'un système permettant de glisser les sièges permet également d'obtenir de l'espace pour les handicapés tout en minimisant la perte de sièges pour le passager mobile.

Des sièges de style européen devraient être sérieusement considérés dans l'aménagement des futurs autobus. La courbure du dossier de ces sièges assure un espace additionnel de 50 mm pour les jambes, avec le même espacement de sièges que les sièges nord américains. L'utilisation de matériaux composites à base de fibres permettrait de maintenir la solidité des sièges tout en limitant leur poids à 10 kg, soit 30% à 50% de moins que les sièges conventionnels (figure 3.7).

Pour le concept A, l'espacement des sièges prévoit quatre sièges de plus que les 47 sièges (maximum permis) d'un autobus de 12,2 m. Chaque rangée offre par ailleurs plus d'espace pour les jambes. Outre les avantages offerts par des sièges de type européen, l'aménagement proposé de 51 sièges assure un niveau de confort semblable à celui des autobus de 12,2 m avec 43 sièges. Ainsi, l'autobus du concept A offre en fait huit sièges, soit 18,6% de plus.

Le concept B prévoit 54 sièges espacés de 883 mm (voir figure 3.8). Bien que le concept B ne soit pas une version modifiée d'un autobus existant, l'augmentation du nombre de sièges peut quand même être illustrée en comparant le concept B aux autobus de 12,2 m. Le confort offert se situe entre les agencements de 47 et 43 sièges, l'augmentation de la capacité du concept se situant entre 14,9% et 25,6%. Des sièges pliants et pliants/coulissants permettront de maintenir une capacité maximum, sans perte de sièges.

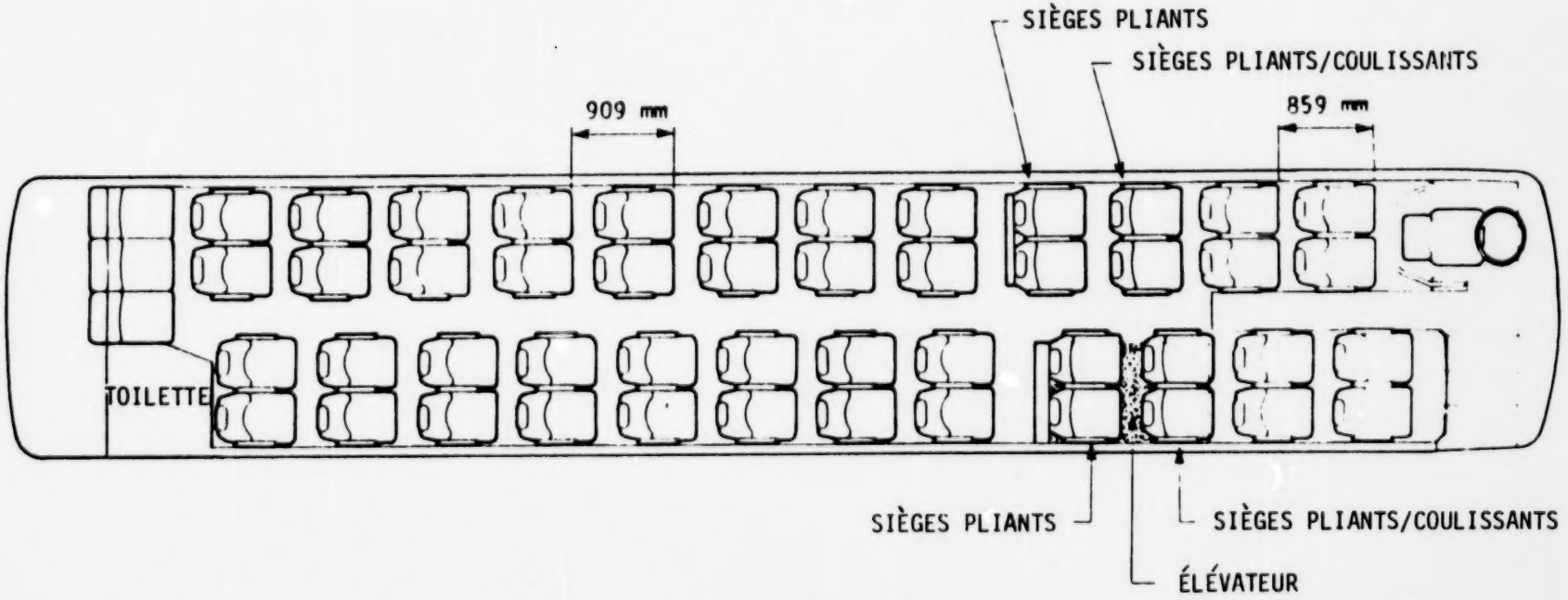


FIGURE 3.7 ARRANGEMENT DES SIÈGES POUR LE CONCEPT A (51 SIÈGES)

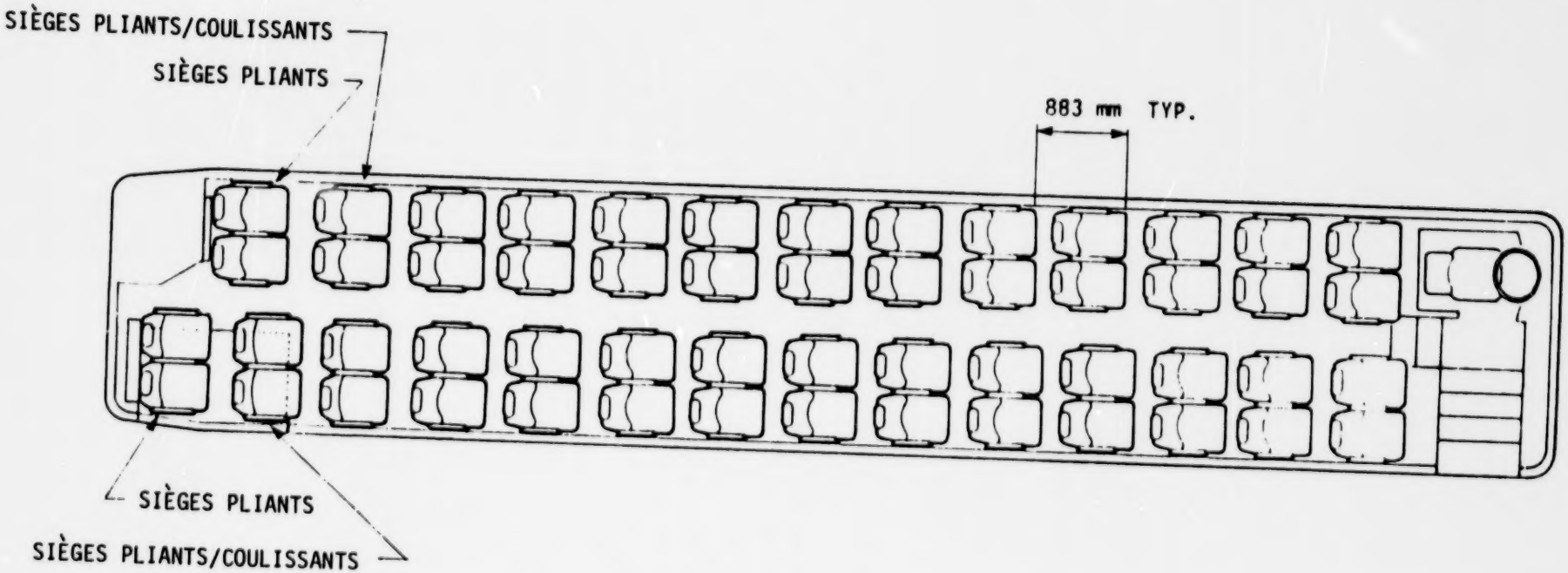


FIGURE 3.8 ARRANGEMENT DES SIÈGES POUR LE CONCEPT B (54 SIÈGES)

4. LA REGLEMENTATION

4.1 Revue de la réglementation

Les lois et règlements traitant des charges et dimensions touchent principalement les véhicules commerciaux, qui comprennent les autobus.

Cette réglementation est établie par les provinces; aucune réglementation en matière de charges et dimensions n'existe au niveau fédéral.

La construction, l'exploitation et l'entretien des routes étant sous la responsabilité des provinces, il revient donc à chacune d'elles de réglementer les charges et dimensions des véhicules motorisés qui circulent sur leur réseau. Il existe donc au Canada douze réglementations différentes (dix provinces et deux territoires) en matière de charges et dimensions.

Aux Etats-Unis, il revient également à chaque état de réglementer les charges et dimensions des véhicules motorisés qui circulent sur leur réseau. Cependant, le "Federal Aid Highway Act" de 1956 impose des limites supérieures de charges et de largeurs sur les autoroutes inter-états (interstate highways). Ces limites ont été révisées en 1974. Toutefois, les états qui avaient déjà légiféré (avant 1956) en matière de charges et dimensions, peuvent permettre des limites supérieures à la norme fédérale.

La réglementation entre les provinces canadiennes et les états américains diffère souvent. Même les divers éléments réglementés peuvent être différents. L'on reconnait cependant six éléments communs à toutes les réglementations:

- la charge sur les pneus
- la charge sur les essieux
- la masse totale en charge
- la longueur du véhicule
- la largeur du véhicule
- la hauteur du véhicule

Notons que les normes qui régissent ces six éléments dépendent de plusieurs facteurs (le type et la configuration du véhicule, la saison, le type de route, etc...) et sont également sujettes à certaines limites de tolérance.

Les normes touchant les six éléments réglementés peuvent se résumer comme suit:

- La charge sur les pneus

La charge permise sur les pneus dépend de plusieurs facteurs (tels le nombre de pneus par essieu, le type de pneus, la dimension des pneus, le type d'essieux, le type de routes, la saison et les spécifications du fabricant de pneus) et est souvent une composante de la réglementation portant sur la charge admissible par essieu. Selon les provinces, la largeur des pneus, la charge sur les pneus et la charge par la largeur de pneus peuvent être réglementées.

C'est généralement au niveau de la charge permise par essieu que les principales contraintes réglementaires sont rencontrées. Au Canada (en excluant les Territoires du Nord-Ouest), les charges par largeur de pneus permises varient de 9,00 à 11,00 kg par mm de largeur de pneus. Aux Etat-Unis, pour les quatorze états limitrophes, les normes sont beaucoup moins restrictives variant de 9,82 à 14,29 kg par mm de largeur de pneu.

- La charge sur les essieux

La réglementation canadienne traitant des charges permises par essieu est assez complexe. Elle tient compte de plusieurs éléments (l'espacement entre essieux, le type d'essieux, le nombre de pneus par essieu, le type de véhicules, le type de routes, la saison, les spécifications du fabricant d'essieux) qui diffèrent d'une province à l'autre. D'autre part, les charges permises sur les essieux directionnels présentent peu d'uniformité entre les provinces, variant de 5 500 à 9 100 kg. Il est également à noter que la définition d'un essieu tandem diffère souvent d'une province à l'autre. La réglementation est cependant plus uniforme entre les provinces en ce qui concerne les essieux arrières, les normes variant de 8 128 à 10 000 kg pour l'essieu simple et de 16 000 à 20 000 kg pour l'essieu tandem. Aux Etats-Unis, la réglementation des essieux directionnels simples est généralement apparentée à celle des essieux arrières simples. Pour ce qui est des essieux arrières, les normes entre les états limitrophes sont très uniformes, variant de 9 072 à 10 160 kg pour l'essieu simple et de 15 422 à 16 329 kg pour l'essieu tandem. Ainsi, les différences au niveau des charges permises sur l'essieu arrière simple sont peu significatives entre le Canada et les états limitrophes. Des différences plus importantes sont cependant observées pour l'essieu tandem.

Notons finalement que les charges limites spécifiées par le fabricant d'essieu doivent obligatoirement être respectées. Nous devrons donc nous assurer que les charges aboutissant sur chaque essieu soient inférieures aux charges permises par les fabricants.

- La masse totale en charge

La réglementation canadienne touchant la masse totale en charge est également complexe. Elle tient compte de plusieurs éléments (le nombre d'essieux, l'espacement entre les essieux, le type de véhicules, le type de routes, la saison et d'autres facteurs spéciaux). De plus, la réglementation dans plusieurs provinces fait appel à des tables qui imposent la masse totale en charge permise pour chaque catégorie de véhicules. Il faut également s'assurer que le poids total du véhicule soit égal ou inférieur à la somme des charges permises sur tous les essieux.

Au Canada, les charges permises pour les catégories de véhicules à deux, trois et quatre essieux sont assez différentes entre les provinces. Les charges permises entre les provinces (en excluant les Territoires du Nord-Ouest) varient de 21 500 à 28 500 kg pour les véhicules à trois essieux et de 27 000 à 37 500 kg pour les véhicules à quatre essieux. Peu d'informations ont été obtenues au sujet des normes américaines. Notons simplement que la réglementation américaine est semblable à la réglementation canadienne pour les véhicules à deux et trois essieux.

- La longueur du véhicule

La norme touchant la longueur permise au Canada est presque uniforme entre les provinces. Exception faite de deux provinces (Terre-Neuve à 12 m et l'Ile-du-Prince-Edouard à 12,2 m), la longueur permise est de 12,50 mètres partout au Canada. La norme américaine est cependant plus restrictive avec une longueur permise de 12,2 mètres pour les états limitrophes.

- La largeur du véhicule

Une uniformité presque parfaite existe au Canada et aux Etats-Unis et entre les deux pays au niveau de la largeur permise, celle-ci étant de 2,60 mètres. Certains états limitent toutefois la largeur à 2.44 m (96 po).

- La hauteur du véhicule

Une bonne uniformité existe au Canada et aux Etats-Unis et entre les deux pays au niveau des hauteurs permises. Celles-ci varient peu, soit de 4,11 à 4,50 mètres, selon les provinces ou les états.

4.2 Non-conformités de l'autobus allongé

Les tableaux 4.1 et 4.2 présentent respectivement pour le concept A (autobus à trois essieux) et le concept B (autobus à quatre essieux) les charges et dimensions projetées par rapport aux charges et dimensions permises au Canada et aux Etats-Unis pour chaque élément réglementé applicable à l'autobus interurbain. Voici la liste des éléments non réglementaires ainsi que quelques commentaires relatifs à ceux-ci:

- Concept A (autobus allongé à trois essieux)

  . La charge sur l'essieu directionnel

  La charge sur l'essieu directionnel de 5 700 kg dépasse de 3.6% la charge la plus restrictive au Canada (5 500 kg en Saskatchewan), mais est bien en-dessous de la deuxième charge la plus restrictive du pays (7 300 kg dans l'Alberta).

  . La longueur de l'autobus

  L'autobus allongée aura une longueur de 13,7 m, alors que la longueur permise pour l'ensemble du Canada est de 12,5 mètres à l'exception de deux provinces, l'Ile-du-Prince-Edouard et Terre-Neuve qui limitent les longueurs à 12,2 mètres et 12,0 mètres respectivement. Aux Etats-Unis, la longueur permise est généralement de 12,2 mètres.

- Concept B (autobus allongé à quatre essieux)

  . La charge par largeur de pneus sur les deux essieux arrières

  Les charges excèdent la norme minimale canadienne. Les charges aboutissant aux pneus sont de 9,08 kg/mm et de 9,05 kg/mm sur les deux essieux arrières. La norme minimale canadienne est de 9 kg/mm. Les charges excèdent donc la norme que de 0,88 % et 0,55% respectivement. La norme minimale n'est en vigueur que dans les trois provinces des prairies. Ailleurs, la norme varie de 10,0 à 11,0 kg/mm. Des pneus de 326,7 mm (12,86 pouces) permettraient de respecter la norme minimale de 9,0 kg/mm. Cependant, tel que mentionné à la section 4.3.4, aucun pneu d'une largeur supérieure à 323,9 mm (12,75 pouces) n'est présentement disponible sur le marché.

. La longueur de l'autobus

Tout comme pour le concept A, la longueur de l'autobus du concept B, qui est également de 13,7 mètres, excède la norme minimale au Canada et aux Etats-Unis.

En résumé, les concepts A et B ont chacun deux éléments non réglementaires. Cependant, la charge sur l'essieu directionnel du concept A ne dépasse le maximum qu'en Saskatchewan. Quant à la question de charge par largeur de pneu, l'autobus de concept B pourrait être équipé de pneus suffisamment larges pour respecter les normes en vigueur. En somme, la longueur des véhicules constitue la principale contrainte réglementaire pour les deux concepts.

4.3 Possibilité de modifier la réglementation

Quatre représentants provinciaux ont été contactés afin d'obtenir leurs commentaires sur les contraintes réglementaires relatives à un autobus allongé accessible.

La principale contrainte est la longueur. Par contre, les personnes contactées n'entrevoient pas d'obstacle majeur à une modification de la réglementation qui permettrait un autobus de 14 m (45 pi). Il s'agirait simplement de prouver que l'exploitation d'un tel autobus serait économique et facile à opérer.

Aux Etats-Unis, plusieurs états permettent déjà des autobus de 45 pi. De plus, le gouvernement américain a recommandé, il y a quelques années, que la réglementation soit modifiée pour permettre de tels autobus.

L'une des raisons pour lesquelles des autobus plus longs ne sont pas permis dans la plupart des provinces et des états américains est que les autobus n'ont pas de catégorie particulière et sont donc assujettis à des règlements régissant d'autres types de véhicules. Les provinces et les états qui voudraient permettre des autobus allongés devront donc créer une nouvelle catégorie de véhicules spécifique aux autobus.

TABLEAU 4.1
Charges et dimensions de l'autobus allongé à 3 essieux
- Concept A -

Eléments réglementés applicables à l'autobus interurbain			Charges et dimensions permises (normes la plus restrictive)					Charges et dimensions projetées
			Provinces canadiennes (1)			Canada (1)	Etats-Unis (2)	
			Ouest (3)	Centre (4)	Est (5)			Concept A
Pneu	Largeur maximum des pneus (kg)		486 A	B	B	486	N/D	323.9
	Charge maximum sur un pneu (kg)	essieu directionnel						2,858
		essieu moteur arrière	3,000 C	B	B	3,000	N/D	2,215
		essieu flottant arrière						2,275
	Charge par largeur de pneu (kg/mm)	essieu directionnel						8.80
		essieu moteur arrière	9.00	11.00	10.00	9.00	9.82	6.84
		essieu flottant arrière						7.82
Essieu	Charge sur l'essieu directionnel (kg)		5,500	8,500	9,000	5,500	9,072 D	5,700
	Charge sur l'essieu moteur arrière (kg)		9,100	10,000	9,000	9,000	9,072	8,850
	Charge sur le groupe d'essieux arrières (kg)		15,000	13,500	N/D	13,500	N/D	13,410
Masse totale en charge	Somme des charges sur tous les essieux (kg)		20,500	22,000	N/D	20,500	N/D	19,110
	Charge sur un véhicule non articulé à 3 essieux (kg)		21,500	28,100	21,500	21,500	24,497	
Dimension	Longueur (m)		12.50	12.50	12.50 F	12.50	12.20 G	13.70
	Largeur (m)		2.60	2.60	2.60	2.60	2.60	2.60
	Hauteur (m)		4.15	4.15	4.12	4.12	4.12	3.48

Notes: Les charges spécifiées par le fabricant d'essieux sont de 6,640 kg pour l'essieu directionnel, de 11,360 kg pour l'essieu moteur arrière et de 4,550 kg pour l'essieu flottant arrière.

(1)-Les charges permises indiquées dépendent de plusieurs conditions et sont également sujettes à certaines limites de tolérance. Les charges peuvent donc être différentes si les conditions pour lesquelles celles-ci ont été établies, changent.
-Les Territoires du Nord-Ouest et le Yukon ont été exclus de l'analyse leurs normes étant généralement très différentes des autres provinces.

(2)-Les charges permises indiquées dépendent de plusieurs conditions propres à la réglementation américaine et peuvent donc varier si ces conditions changent.
-Seul les 14 états limitrophes sont considérés dans le tableau.

(3) Les provinces de l'ouest sont: la Colombie-Britannique, l'Alberta, la Saskatchewan et le Manitoba.

(4) Les provinces du centre sont: l'Ontario et le Québec.

(5) Les provinces de l'est sont: l'Ile-du-Prince-Édouard, la Nouvelle-Écosse, le Nouveau-Brunswick et Terre-Neuve.

A- Seul l'Alberta a une norme à ce sujet.

B- Aucune norme existe à ce sujet dans la réglementation.

C- Seul la Saskatchewan a une norme à ce sujet.

D- La norme est identique entre l'essieu arrière simple et l'essieu directionnel simple.

F- La norme exclue Terre-Neuve à 12.8 mètres et l'Ile-du-Prince-Édouard à 12.2 mètres.

G- La norme inclue 10 états limitrophes seulement.

N/D- Non-Disponible.

TABLEAU 4.2
Charges et dimensions de l'autobus allongé à 4 essieux.
- Concept B -

Elements reglementes applicables a l'autobus interurbain			Charges et dimensions permises (norme la plus restrictive)					Charges et dimensions projetees
			Provinces canadiennes (1)			Canada (1)	Etats-Unis (2)	CONCEPT B
			Ouest (3)	Centre (4)	Est (5)			
	Largeur maximum des pneus (kg)		406 A	B	B	406	N/D	323.9
Pneu	Charge maximum sur un pneu (kg)	essieu tandem directionnel; no 1	3,000 C	B	B	3,000	N/D	2,315
		essieu tandem directionnel; no 2						2,385
		essieu moteur tandem arriere; no 3						2,940
		essieu moteur tandem arriere; no 4						2,930
	Charge par largeur de pneu (kg/mm)	essieu tandem directionnel; no 1	9.00	11.00	10.00	9.00	9.82	7.15
		essieu tandem directionnel; no 2						7.12
		essieu moteur tandem arriere; no 3						9.08
		essieu moteur tandem arriere; no 4						9.05
Essieu	Charge sur l'essieu tandem directionnel (kg)		11,000	16,000	17,000	11,000	N/D	9,240
	Charge sur l'essieu moteur tandem arriere (kg)		16,000	16,000	16,000 D	16,000	15,422 E	11,740
Masse totale en charge	Somme des charges sur tous les essieux (kg)		27,000	33,500	33,000	27,000	N/D	20,960
	Charge sur un vehicule non articule a 4 essieux (kg)		27,000	37,500	34,000	27,000	N/D	
Dimension	Longueur (m)		12.50	12.50	12.50 F	12.50	12.20 G	13.70
	Largeur (m)		2.60	2.60	2.60	2.60	2.60	2.60
	Hauteur (m)		4.15	4.15	4.12	4.12	4.12	3.70

Notes: Les charges specifiees par le fabricant d'essieux sont de 6,640 kg pour chaque essieu directionnel et de 16,000 kg pour chaque essieu moteur.

(1)-Les charges permises indiquees dependent de plusieurs conditions et sont egalement sujettes a certaines limites de tolerance. Les charges peuvent donc etre differentes si les conditions pour lesquelles celles-ci ont ete etablies, changent.
-Les Territoires du Nord-Ouest et le Yukon ont ete exclus de l'analyse leurs normes etant generalement tres differentes des autres provinces.

(2)-Les charges permises indiquees dependent de plusieurs conditions propres a la reglementation americaine et peuvent donc varier si ces conditions changent.
-Seul les 14 etats limitrophes sont consideres dans le tableau.

(3) Les provinces de l'ouest sont: la Colombie-Britannique, l'Alberta, la Saskatchewan et le Manitoba.

(4) Les provinces du centre sont: l'Ontario et le Quebec.

(5) Les provinces de l'est sont: l'Ile-du-Prince-Edward, la Nouvelle-Ecosse, le Nouveau-Brunswick et Terre-Neuve.

A- Seul l'Alberta a une norme a ce sujet.

B- Aucune norme existe a ce sujet dans la reglementation.

C- Seul la Sakatchewan a une norme a ce sujet.

D- L'Ile-du-Prince-Edward ne permet pas des essieux espaces de 1.2 metres et moins sur un essieu tandem.

E- Les conditions reliees a l'espacement entre les essieux ne sont pas connues.

F- La norme exclue Terre-Neuve a 12.0 metres et l'Ile-du-Prince-Edward a 12.2 metres.

G- La norme inclue 10 etats limitrophes seulement.

N/D- Non-Disponible.

Il est d'autre part fort probable que les provinces préfèrent ne pas modifier les règlements pour toutes les longueurs de véhicules puisqu'elles considèrent que limiter la longueur des véhicules permet en même temps de limiter leur poids brut.

Quant aux problèmes de charge sur l'essieu avant en Saskatchewan, cette province n'est pas, pour l'instant, en faveur d'un changement dans sa réglementation. Elle attend les résultats de l'étude de l'ARTC sur les poids et dimensions de véhicules lourds qui donnera de nouvelles données techniques sur les dommages causés aux chaussées par les véhicules lourds.

5. IMPACTS OPERATIONNELS

5.1 Impact sur la construction et l'entretien du réseau routier

Le niveau de détérioration des chaussées augmente avec l'accroissement des charges sur les essieux. Afin de maintenir un niveau de service acceptable, il est donc nécessaire de construire des chaussées plus résistantes et d'en augmenter l'entretien. Ces exigences accrues entraînent par contre des coûts supplémentaires qui peuvent influer sur la conception et l'entretien des chaussées ainsi que sur les décisions relatives aux investissements dans ce domaine.

Bien que les deux concepts (A et B) d'autobus allongé soient plus lourds de 11,5% et 23,6% respectivement que l'autobus conventionnel à trois essieux, la répartition des charges sur leurs essieux peut réduire leur impact sur les chaussées. Une bonne estimation du changement dans la charge sur les chaussées peut être obtenue en appliquant une règle de calcul développée par l'AASHTO.

Ainsi:

- la charge effective imposée par l'autobus de concept A est 1,05 (5% de plus) supérieure à celle d'un autobus conventionnel à trois essieux;
- la charge effective imposée par l'autobus de concept B est 0,45 (55% plus légère) fois celle d'un autobus conventionnel à trois essieux.

Le volume de circulation d'autobus varie d'une route à l'autre. De plus, la composition du trafic ainsi que le poids, les dimensions et la puissance des véhicules évoluent. Cette évolution vient en outre d'être accélérée en raison de facteurs économiques et réglementaires. Tous ces facteurs ont une influence marquée sur la proportion des autobus dans la composition du trafic. Il est donc difficile d'établir une règle générale quant au trafic d'autobus. Il est en outre difficile et coûteux d'obtenir des données récentes sur la proportion des autobus dans le volume de trafic.

Pour les besoins de cette étude, et dans le but d'évaluer l'ampleur de l'impact de changements dans le concept d'autobus, nous supposons que le trafic d'autobus représente 3,5 % du trafic total camions/autobus. Ce chiffre est basé sur la composition du trafic sur les routes rurales, tel qu'établi dans le Traffic and Transportation Engineering Handbook, 2e édition, 1982.

Sur les routes touristiques, par contre, la circulation d'autobus représente de 90 à 100% du total camions/autobus.

Tout trafic - automobiles, camionnettes, autobus et camions lourds - contribue à la charge sur la chaussée. Par contre, sur la plupart des routes interurbaines et rurales, particulièrement sur les voies longeant les accotements et les trottoirs, les véhicules légers (automobiles et camionnettes) ne représentent qu'une très petite partie de la charge totale sur la chaussée. Pour simplifier, l'on peut dire que la charge sur la chaussée est entièrement causée par les autobus et les véhicules lourds.

En se basant sur ces suppositions, l'accroissement de la charge sur les chaussées si l'autobus du concept A remplaçait les autobus conventionnels à trois essieux, serait de 1,175% de la charge totale. Quant au concept B, la charge serait réduite de 1,97%. Sur les routes touristiques, l'accroissement de la charge serait de 4,9% pour le concept A, avec une réduction de 53,9% pour le concept B.

Si tous les autobus conventionnels à trois essieux étaient remplacés par l'autobus du concept B, les coûts d'entretien des chaussées seraient réduits de 0,193%. Dans le cas du concept A, par contre, l'on pourrait s'attendre à un accroissement des coûts d'entretien de 0,018% en raison de la charge sur les essieux plus importante de cet autobus. Cet accroissement étant très faible, il peut être négligé.

Afin d'évaluer l'impact sur la chaussée, nous avons supposé que l'un ou l'autre de deux concepts (A et B) remplacerait l'ensemble des autobus actuels. L'impact réel dépendra évidemment de la proportion de chacun des deux types d'autobus sur les routes. Quoi qu'il en soit, les coûts d'entretien et de réparation des chaussées ne devraient pas beaucoup changer.

La capacité structurale de certaines routes est plus faible durant le dégel. La charge des camions est toutefois réduite durant cette période, mais puisque la charge des autobus ne peut être diminuée, la charge effective imposée par les autobus de concept A dépassera la proportion estimée. Cet impact devrait toutefois être très faible. Sur certaines routes, par contre, les conséquences peuvent être importantes et la question devrait être étudiée davantage. Les autobus du concept B ne poseront aucun problème durant le dégel puisque leur charge sera plus faible que celle des autobus actuels.

5.2 Impact sur l'opération aux terminus

L'impact sur l'opération aux terminus a été vérifié pour quatre terminus d'autobus de la compagnie Voyageur. Les principales conclusions sont les suivantes:

- Au terminus de Montréal, l'exploitation d'un autobus de 13,7 mètres n'occasionnerait aucun problème majeur. Seule la manoeuvre de stationnement de l'autobus du concept B entre deux autobus déjà stationnés à un quai d'embarquement serait plus difficile, mais demeurerait acceptable. Cependant, deux espaces de stationnement par autobus face aux quais d'embarquement nos 15 et 16 seraient probablement perdus compte tenu de l'espace de manoeuvre nécessaire à un autobus allongé pour accéder à un quai. Les places de stationnement pour autobus sont actuellement utilisées au maximum à ce terminus.

- Au terminus de Québec, malgré un site plus exigû qu'à Montréal, Voyageur précise qu'il n'y aurait aucun problème majeur relié à l'exploitation d'un autobus allongé.

- Au terminus de Rouyn, l'utilisation d'un autobus allongé réduirait l'espace de stationnement disponible au garage pour les autobus, étant donné que ceux-ci stationnent l'un derrière l'autre.

- Au terminus de Val d'Or, la largeur disponible à la sortie du terminus, déjà très étroite, rendrait difficile, sinon impossible, la manoeuvre de sortie d'un autobus allongé.

5.3 Impact sur l'entretien des véhicules

L'impact sur l'entretien des véhicules a été vérifié auprès des principaux opérateurs d'autobus au Canada.

Le problème le plus important est certes celui du poids des véhicules qui dépasse généralement la capacité des vérins hydrauliques. A titre d'exemple, la figure 5.1 indique la capacité et la charge prévues pour les concepts A et B.

TABLEAU 5.1 - CAPACITE ET CHARGES DES VERINS HYDRAULIQUES

	Essieux avant	Essieux arrière
Capacité	8 165 kg	11 340 à 15 875 kg
Charge: Concept A	5 700	13 140
Concept B	9 240	11 740

Le concept A peut être soulevé à l'avant par la plupart des vérins mais seul un vérin a la capacité de 15 875 kg suffisante pour lever la partie arrière.

Quant au concept B, aucun vérin ne pourra soulever sa partie avant, et un nombre limité seulement de vérins pourront soulever sa partie arrière.

Le second problème est dû au fait que tous les vérins sont conçus pour soulever un seul essieu. Une modification relativement mineure à la tête des vérins serait nécessaire afin de permettre de soulever les essieux doubles directionnels avant ou de traction à l'arrière du concept B. Contrairement à l'essieu flottant des autobus conventionnels, le deuxième essieu du concept A doit être supporté lorsque l'autobus est levé.

L'autre problème d'importance, bien que non relié à la longueur, est celui de la hauteur de l'autobus proposé au concept B. Celui-ci est environ 300 mm plus haut que le concept A. Les garages plus modernes et plus hauts n'auront peut-être pas de problème mais certains garages tels celui de Voyageur à Montréal nécessite des modifications importantes.

En somme, l'entretien des véhicules nécessitera certainement des modifications aux vérins et, possiblement, à la hauteur des garages. La longueur excédentaire du véhicule ne semble pas poser un problème important bien que la capacité des garages pourra être réduite proportionnellement à la longueur additionnelle.

5.4 Impact sur l'opération routière

L'élément principal qui influence l'opération routière et la maniabilité des autobus est leur rayon de braquage. Celui-ci est déterminé par l'angle de braquage de l'essieu avant et par l'empattement du véhicule.

TABLEAU 5.2 - RAYONS DE BRAQUAGE

MCI 102 A3	13,3	(43,6 pi)
Prévost Mirage XL	13,1	(43,0 pi)
Prévost H5-60	12,8	(42,0 pi)
Concept A	13,7	(44,9 pi)
Concept B	14,7	(48,2 pi)

Le tableau 5.2 indique les rayons de braquage des véhicules existants et ceux des concepts A et B. La maniabilité d'un véhicule est très sensible à tout accroissement du rayon de braquage. Les fabricants et opérateurs ont mis beaucoup d'efforts pour réduire depuis dix ans le rayon de braquage des véhicules. Ainsi, la construction d'un véhicule d'une largeur de 2,59 m (102 po) a été possible en partie à cause d'une amélioration technologique permettant d'augmenter l'angle de braquage des roues avant de 38° à 51°. Aujourd'hui, ces véhicules ont un rayon de braquage de 13,3 m (43 pi., 6 po.).

Les rayons de 13,7 m et de 14,7 m des concepts A et B ont un net recul en termes de maniabilité. Le rayon de 14,7 m, bien que non souhaitable, est tout juste à l'intérieur des limites permises. La maniabilité des véhicules doit s'évaluer en trois circonstances distinctes:

1) La grande route: les rayons proposés ne posent aucune difficulté, les routes étant généralement conçues pour des véhicules ayant un empattement de 12,2 m (WB-12, semi-trailer).

2) Les rues et intersections: les normes de design sont à peu près semblables maintenant à celles de 1976. La plupart des intersections aux artères principales permettent la circulation de véhicules ayant un tel rayon de braquage. Naturellement, les autobus interurbains peuvent aussi circuler à l'occasion dans des rues locales où les chaussées sont moins larges. Dans ces circonstances, l'autobus serait plus difficile à manoeuvrer. Dans peu de cas serait-il impossible à effectuer un virage.

3) Les terminus et garages: l'aire de balayage d'un virage à 80°C serait de 114,2 m ou de 127,7 m pour les concepts A et B respectivement, soit de 20% à 33% de plus que les autobus MCI ou Prévost conventionnels. Ces augmentations sont considérables compte tenu des progrès qu'il y a eu dans l'industrie pour augmenter la maniabilité. Nos recherches auprès des transporteurs indiquent qu'il serait possible mais non souhaitable d'opérer dans de telles conditions.

6. COUTS

6.1 Coûts de conception et de développement

Ces coûts ont été divisés en deux catégories: ceux reliés à la construction des autobus et ceux reliés à l'intégration du système d'accès.

Les coûts de conception et de développement comprennent la conception de l'outillage, des gabarits et des accessoires, la mise en plans d'un prototype, l'étude des contraintes de la configuration de la charpente et des parties portantes, ainsi qu'une révision des composantes auxiliaires et du système moteur.

Les coûts approximatifs de conception et de développement sont les suivants:

- Concept A, autobus à trois essieux - 250 000$ à 500 000$
- Concept B, autobus à quatre essieux - 350 000$.

L'estimation des coûts de développement du système d'accès, préparée par TES Limited, est basée sur les études originalement faites pour Transports Canada. L'intégration d'un concept pratique de systèmes d'accès à l'autobus allongé nécessitera toutefois une étude technique pour définir les modifications requises pour incorporer le système. L'on devra également analyser les impacts de ces modifications sur l'intégrité structurale du véhicule, l'aménagement des sièges et les détails de finition. Les coûts de développement comprennent: une étude technique de la configuration de la charpente de l'autobus, une révision de l'agencement des sièges et de l'intérieur de l'autobus pour optimiser l'emplacement des fauteuils roulants, l'aménagement de l'emplacement du mécanisme de commande du système d'accès, l'aménagement intérieur ainsi que les modifications au prototype requises pour intégrer le système d'accès.

Les coûts de conception et de développement du système d'accès sont évalués à 70 000$ pour les deux concepts.

6.2 Coûts de construction

La construction d'un prototype d'autobus accessible de 13,7 m a été discutée avec MCI et Prévost Car pour établir des estimations et traiter des problèmes techniques éventuels. Les deux fabricants ont affirmé pouvoir construire le prototype à leurs installations. L'emplacement définitif du système moteur et des composantes auxiliaires ne pourra toutefois être défini que lorsque le prototype aura été assemblé et testé. Les concepts proposés feront usage de composantes standard, telles le système moteur, les essieux, les systèmes de chauffage et de refroidissement, la suspension, la configuration du châssis, etc. Les coûts définitifs dépendent toutefois de la proportion de méthodes et de composantes non standard utilisées dans la construction de l'autobus.

Les coûts de construction du prototype, tels que fournis par les fabricants, sont estimés à:

- Concept A, autobus à trois essieux: 500 000$ à 700 000$
- Concept B, autobus à quatre essieux: 1 200 000$

Les coûts de fabrication et d'installation du prototype de systèmes d'accès de TES Limited sont évalués à 150 000$. Ces coûts comprennent l'aménagement de deux espaces à fauteuils roulants et des systèmes de sièges amovibles qui pourront être replacés si l'espace prévu pour les fauteuils roulants n'est pas occupé (1).

Les coûts de production de l'autobus de 13,7 m sont difficiles à déterminer à cause de la diversité des facteurs qui entrent en jeu. Si, par exemple, tous les autobus conventionnels de 12,2 m (40 pi) sont remplacés par l'autobus de 13,7 m, les coûts de fabrication seront de 5% et 15% plus élevés pour l'autobus à trois essieux et l'autobus à quatre essieux respectivement, puisque plus de matériaux seront utilisés dans leur construction. L'on pense toutefois que le volume de production de l'autobus allongé sera relativement faible et que les coûts seront conséquemment de 10% et 20% plus élevés dans le cas où la technologie utilisée est semblable à celle des autobus conventionnels de MCI ou de Prévost Car. Par contre, pour un autobus à quatre essieux fabriqué à partir du concept de l'autobus articulé de Prévost, le coût de production serait de 40% à 50% plus élevé qu'un autobus conventionel.

---

(1) "Development and construction of a second generation wheelchair lift for a MCI 102 A3 intercity coach", rapport TES no: C658-2.

En plus des coûts supplémentaires d'un autobus allongé, environ 40 000$ devront être ajoutés au coût total pour le système d'accès.

6.3 Coûts d'opération

Nous avons demandé à deux transporteurs importants, Greyhound et Grey Coach, de nous indiquer leurs coûts d'opération actuels et les coûts d'opération estimés d'un autobus allongé, en fonction de données que nous leur avons fournies sur les concepts A et B.

Vu la nature concurrentielle de l'industrie, ni Greyhound, ni Grey Coach n'ont pu nous donner de chiffres. Quelques points d'ordre général peuvent toutefois être dégagés, donnant une idée des coûts marginaux reliés à l'opération d'un autobus de 13,7 m.

Les coûts en carburant devraient être égaux ou même inférieurs aux coûts actuels compte tenu des progrès technologiques en matière de contrôles électroniques de moteurs et de systèmes de transmission. Ainsi, l'économie projetée grâce à ces contrôles devrait plus que compenser pour la consommmation accrue à laquelle l'on pourrait autrement s'attendre en raison du poids supplémentaire de l'autobus allongé. Notons aussi que le degré de l'impact du poids d'un véhicule sur la consommation de carburant dépend du rapport circulation route/circulation ville.

Le coût des pneus de l'autobus allongé devraient être sensiblement les mêmes que pour l'autobus de 12,2 m. Les pneus présentement utilisés sont par ailleurs conçus pour supporter la charge des autobus allongés proposés. Leur pression devra toutefois être augmentée pour que leur vie utile ne soit pas diminuée par l'usure.

Les coûts d'entretien ne devraient pas, à long terme, être supérieurs aux coûts d'entretien d'un autobus de 12,2 m. A court terme, par contre, l'on peut s'attendre à des coûts plus élevés reliés à l'introduction d'un nouveu modèle.

Les coûts connexes (dépréciation, assurances, licence, etc.) devraient être plus élevés à cause des coûts d'investissement plus élevés et des responsabilités accrues découlant d'un plus grand nombre de passagers et d'un volume plus grand de bagages à transporter.

Les salaires et les bénéfices sociaux des conducteurs seront équivalents à ceux des conducteurs d'autobus conventionnels (12,2 m).

Les coûts aux terminus ne devraient pas changer puisque la plupart des terminus ont été conçus pour accueillir des autobus de 14 m.

Le tableau suivant illustre la répartition des coûts d'opération d'une flotte de camions-type au Canada. Les coûts d'exploitation marginaux d'une flotte d'autobus de "14 m" sont également présentés. L'augmentation de coûts nette devrait se situer à 4% environ.

TABLEAU 6.1 - REPARTITION DES COUTS D'EXPLOITATION (%)

	12,2 m	"14 m"
Conducteurs	35%	35%
Carburant	10%	10% (± 1%)
Dépenses reliées aux véhicules	13%	16%
Entretien	22%	23%
Terminaux	8%	8%
Administration	12%	12%
	100%	104% (± 1%)

7. EVALUATION DES CONCEPTS

La présente étude a démontré qu'il serait techniquement possible de construire un autobus accessible allongé à trois ou à quatre essieux en respectant la plupart des limites réglementaires et techniques imposées au Canada.

Le tableau 7.1 énonce les principaux critères pouvant être utilisés pour comparer les concepts A et B aux autobus conventionnels.

TABLEAU 7.1 - GRILLE DE COMPARAISON

	Autobus conventionnels à trois essieux	Concept A	Concept B
Capacité - Passagers	43	51	54
Bagages (m^3)	9,0	11,4	12,7
Poids brut:	17 180	19 110	20 980
Charge sur les essieux:			
. essieu avant no:1		5 700	4 630
. essieu avant no:2		-	4 610
. essieu arrière no:1		8 860	5 880
. essieu arrière no:2		4 550	5 860
Longueur (m)	12,2	13,7	13,7
Rayon de braquage (m)	13,3	13,7	14,7
Angle d'approche	10°	10°	8,7°
Angle de départ	8,5°	8,5°	8,5°
Contraintes réglementaires	Aucune	Longueur Essieu avant (1)	Longueur

(1) Limite de charge sur l'essieu avant en Saskatchewan

Capacité

La configuration du concept A permet d'aménager 51 sièges conventionnels ou deux fauteuils roulants et 43 sièges conventionnels. Le concept B permet d'aménager 54 sièges, ou 46 sièges et deux fauteuils roulants. Dans un cas comme dans l'autre, la capacité offerte est supérieure aux 43 sièges dans les autobus de 12,2 m.

La capacité des espaces à bagages est évaluée à 11,4 m^3 et 12,2 m^3 pour des concepts A et B respectivement, par rapport aux 9,0 m^3 des autobus conventionnels à trois essieux.

Dans l'ensemble, l'autobus du concept B offre une plus grande capacité parce qu'il est 300 mm plus haut qu'un autobus conventionnel ou que l'autobus du concept A.

Poids

L'autobus de concept B est plus lourd. Son poids est par contre mieux réparti grâce à l'essieu tandem avant. L'expérience récente de l'autobus articulé de Prévost semble indiquer que l'essieu avant tandem améliore en outre la stabilité de l'autobus.

La charge sur les essieux du concept B est également un facteur positif qui permettra de réduire, bien que marginalement, l'usure des routes si l'autobus est adopté de façon générale. Ce point est d'autant plus important que les autobus, contrairement aux camions, ne réduisent pas leur charge durant la saison de dégel.

Manoeuvrabilité

Les principaux critères qui permettent d'évaluer la manoeuvrabilité d'un autobus sont le rayon de braquage, pour les mouvements latéraux, et les angles d'approche et de départ pour les mouvements verticaux. Bien entendu, les autobus allongés sont moins efficaces, l'autobus du concept B étant le moins manoeuvrable des deux. Bien que son rayon de braquage de 14,7 m (48 pi) soit quand même à l'intérieur de la limite acceptable, les transporteurs pourraient être réticents à revenir à un niveau de manoveuvrabilité qui a largement été dépassé ces dernières années. Des études plus approfondies devront encore être effectuées dans ce domaine.

Accessibilité

L'étude démontre qu'il est possible de maintenir la capacité actuelle des autobus tout en intégrant des systèmes d'accès pour les personnes handicapées. Le concept B permet d'installer un élévateur à l'arrière du véhicule, ce qui est un emplacement pratique en termes de fabrication. Le centre de l'autobus, aussi bien pour le concept A que le concept B, est toutefois préférable puisque les personnes handicapées pourront ainsi être plus près du conducteur.

Contraintes réglementaires

Les deux concepts sont trop longs. Une enquête auprès de quelques représentants provinciaux a toutefois indiqué qu'un permis spécial pourrait facilement être accordé et que les règlements provinciaux pourraient même éventuellement être modifiés.

Toutes les autres caractéristiques du concept sont réglementaires. Quant au concept A, il n'y a qu'en Saskatchewan où la charge sur l'essieu avant n'est pas réglementaire.

Entretien

Les deux concepts sont trop lourds pour les vérins hydrauliques existants. La hauteur du concept B peut, par ailleurs, poser un problème additionnel.

Coûts

Les coûts de conception et de développement de l'autobus allongé incluant l'élévateur, devraient être de 320 000$ à 570 000$ pour l'autobus à trois essieux, et environ 420 000$ pour l'autobus à quatre essieux. Les coûts de construction d'un prototype à 3 essieux seraient de 650 000$ à 850 000$ incluant l'élévateur et d'environ 1 350 000$ pour l'autobus à quatre essieux.

Les coûts de production des autobus tel que décrits dans ce rapport seraient, par rapport aux autobus conventionnels, d'environ 10% supérieur pour un autobus à trois essieux et de 40% à 50% pour un autobus à quatre essieux avec la carosserie de l'autobus articulé. L'utilisation de la technologie conventionnelle pour la fabrication d'une autobus à quatre essieux réduirait à environ 20% l'augmentation du coût de production.

8. CONCLUSION

Les deux autobus allongés proposés, soit à trois ou à quatre essieux, sont faisables aux points de vue technique, opérationnel et réglementaire.

Aucun des concepts n'est, dans l'ensemble, supérieur à l'autre. Le concept A présente les avantages suivants:

- manoeuvrabilité supérieure
- plus grande facilité d'entretien
- coût d'investissement moins élevé

Quant au concept B, ses avantages sont les suivants:

- capacité supérieure en termes de passagers et de bagages
- meilleure stabilité sur la route
- intégration plus facile du système de levage
- moins de contraintes réglementaires
- durée de vie des pneus plus longue
- meilleure climatisation

Pour établir un choix entre les deux concepts pour le développement d'un prototype, le CDT et l'industrie du transport de passagers pourraient envisager effectuer une étude de marché. L'industrie serait vraisemblablement intéressée par un autobus allongé. Les coûts d'immobilisation pourraient toutefois constituer un inconvénient majeur. L'étude devrait s'adresser aussi bien au marché américain que canadien, puisque les transporteurs américains dominent, en fait, le marché.

Enfin, des recherches plus approfondies devraient être faites pour augmenter la manoeuvrabilité des autobus allongés. Le rayon de braquage pourrait être réduit, par exemple, en poussant les recherches au niveau du braquage des roues arrières. Un mouvement de quelques degrés seulement pourrait apporter une amélioration considérable.

Divers types de moteurs devraient également être envisagés. Un moteur plat, par exemple, permettrait d'augmenter l'espace à bagages.